BnF Gallica

Annales des postes, télégraphes et téléphones : recueil de documents français et étrangers concernant les services [...]

Source gallica.bnf.fr / Musée de La Poste

BnF Gallica

. Annales des postes, télégraphes et téléphones : recueil de documents français et étrangers concernant les services techniques et l'exploitation des postes, télégraphes et téléphones. 1933-01-01.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

Source gallica.bnf.fr / Musée de La Poste

MUSÉE DE LA POSTE
P8°
2

2e ANNÉE. — No 1. JANVIER 1933. PRIX : 6 francs.

MUSÉE DE LA POSTE
P80
2

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS. Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 60 francs : Etranger..... 100 francs.

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

☛ La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7e.

Téléphone : Littré 50.12.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3, rue Thénard Paris, 5e.

TABLE DES MATIÈRES.

L'électroposte de Paris VIII, par Louis JAMMES, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes 1

Quelques considérations sur l'évolution et l'état actuel de la technique microphonique, par P. CHAVASSE, ingénieur des Postes et Télégraphes 9

Les émetteurs à ondes entretenues modulées des stations côtières françaises, par M. BRUNIAUX, ingénieur des Postes et Télégraphes. 59

La liaison radiotéléphonique entre la Corse et le continent par ondes très courtes, par BRAMEL DE CLÉJOULX, ingénieur des Postes et Télégraphes 79

Mesure de la phase et de l'amplitude de haut-parleurs électrodynamiques, par W. BINDER 86

INFORMATIONS : L'exposition de télévision de l'administration allemande des Postes et Télégraphes (9e grande exposition allemande de radioélectricité) 92

BREVETS D'INVENTION. 94

BIBLIOGRAPHIE 99

DOCUMENTATION. . . . . D. 1

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

ANNALES des POSTES, TÉLÉGRAPHES et TÉLÉPHONES.

REVUE MENSUELLE PUBLIÉE PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR LE MINISTRE
DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

XXIIe ANNÉE.

MUSÉE POSTAL
24136
2059

PARIS,
LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3, RUE THÉNARD.
1933.

MP

L'ÉLECTROPOSTE DE PARIS VIII,

par Louis JAMMES,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

L'exploitation du bureau central du VIIIe arrondissement de Paris (rue de la Boëtie) a posé un problème de relevage des boîtes aux lettres qui a reçu une intéressante solution au moyen d'un système électro-mécanique dit *électroposte*.

Les boîtes extérieures posées en façade sur la rue de la Boëtie sont séparées de la salle de départ, au rez-de-chaussée, par la salle affectée aux cabines téléphoniques ; étant donné le nombre considérable de lettres déposées, on ne pouvait effectuer un relevage manuel. D'autre part, un dispositif de relevage mécanique, par suite des agencements intérieurs du bâtiment, devait s'élever verticalement à la sortie des boîtes, se développer horizontalement au plafond du 2e étage et redescendre ensuite verticalement au rez-de-chaussée dans la salle de tri.

L'électroposte, réalisé par la Société Saunier-Duval-Frisquet, a résolu parfaitement le problème ainsi posé : il est essentiellement constitué par des ascenseurs réunis entre eux, au 2e étage, par une voie monorail sur laquelle circulent des wagonnets. Les lettres jetées à l'extérieur tombent dans des caisses métalliques de 40 × 60 × 40 centimètres. Ces caisses, placées dans un ascenseur, parviennent automatiquement aux stations de destination, dans la salle de tri, par le mécanisme que nous allons brièvement décrire.

Description de l'installation. — Les *ascenseurs* sont au nombre de trois : l'un à l'aplomb du local réservé aux boîtes aux lettres et deux autres dans la salle de tri. Leur hauteur est d'environ 12 mètres. Ils sont constitués par deux montants en fer en U entre lesquels passe le contre-poids relié à la benne par une chaîne Galle-

La benne, en forme d'L (fig. 1), se déplace, au moyen de galets, le long des montants. A l'extrémité supérieure de l'ascenseur,

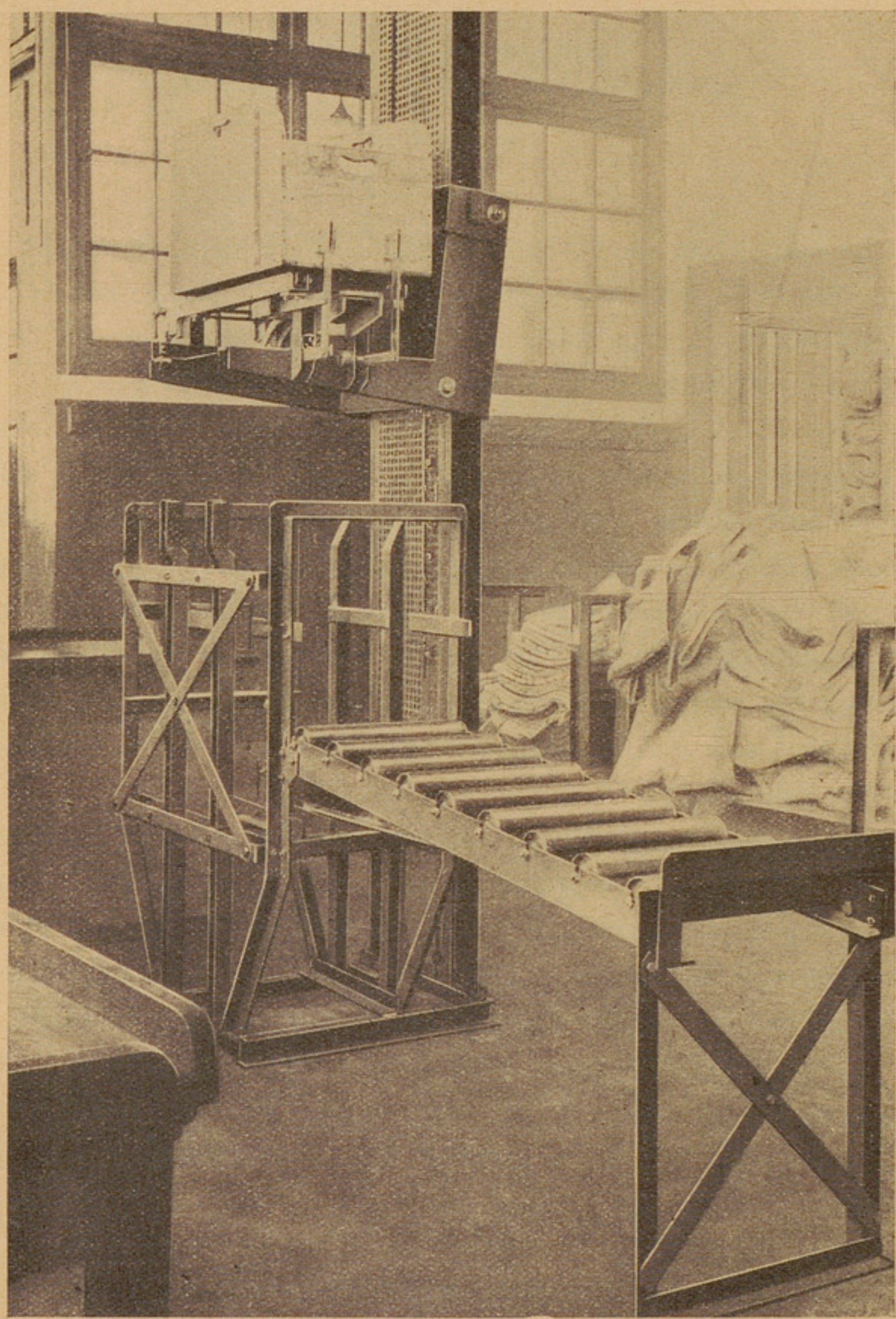


Fig. 1.

la chaîne Galle passe sur un pignon solidaire d'un train d'engrenages réducteur de vitesse enfermé dans un carter et entraîné par un

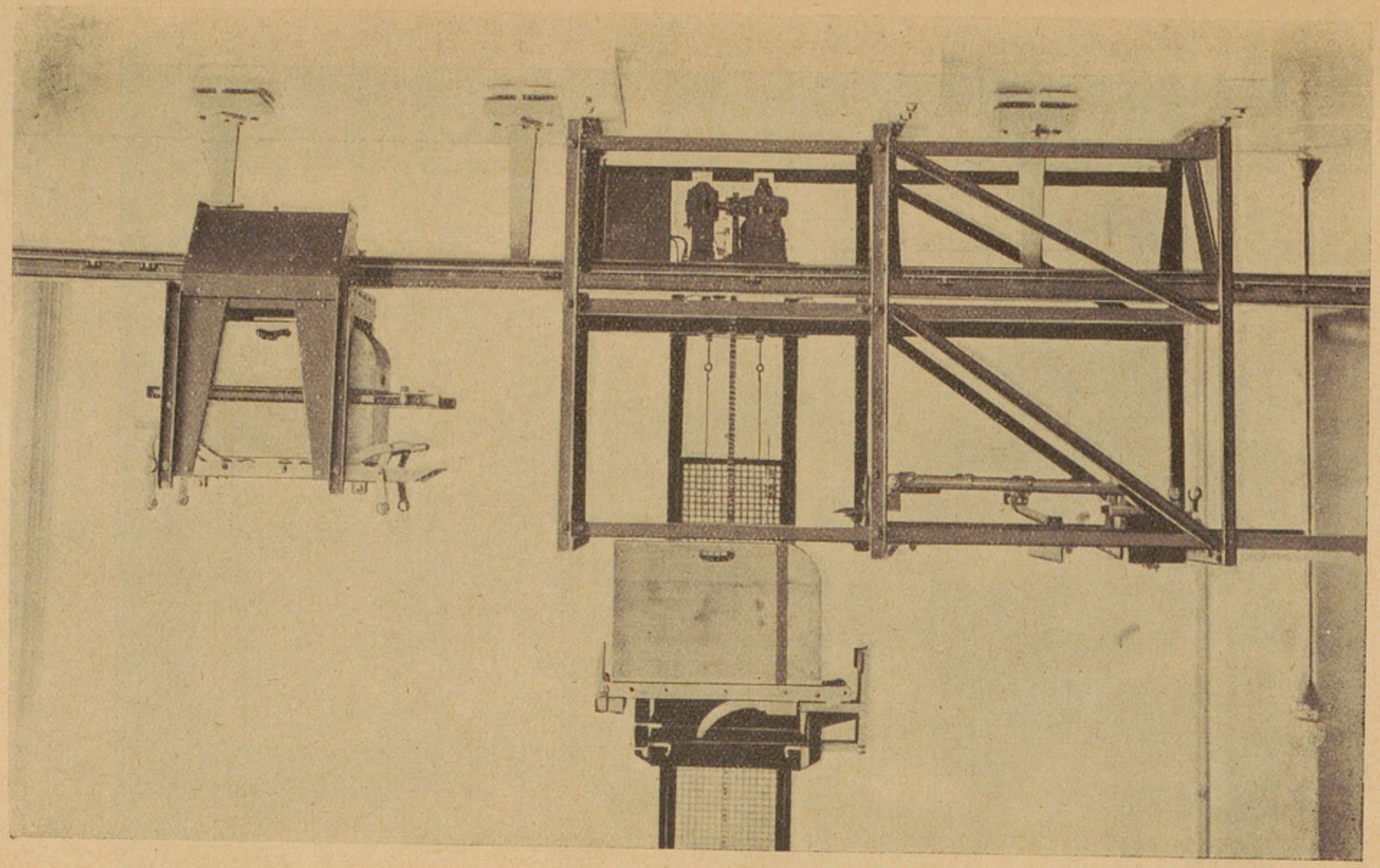


Fig. 2.

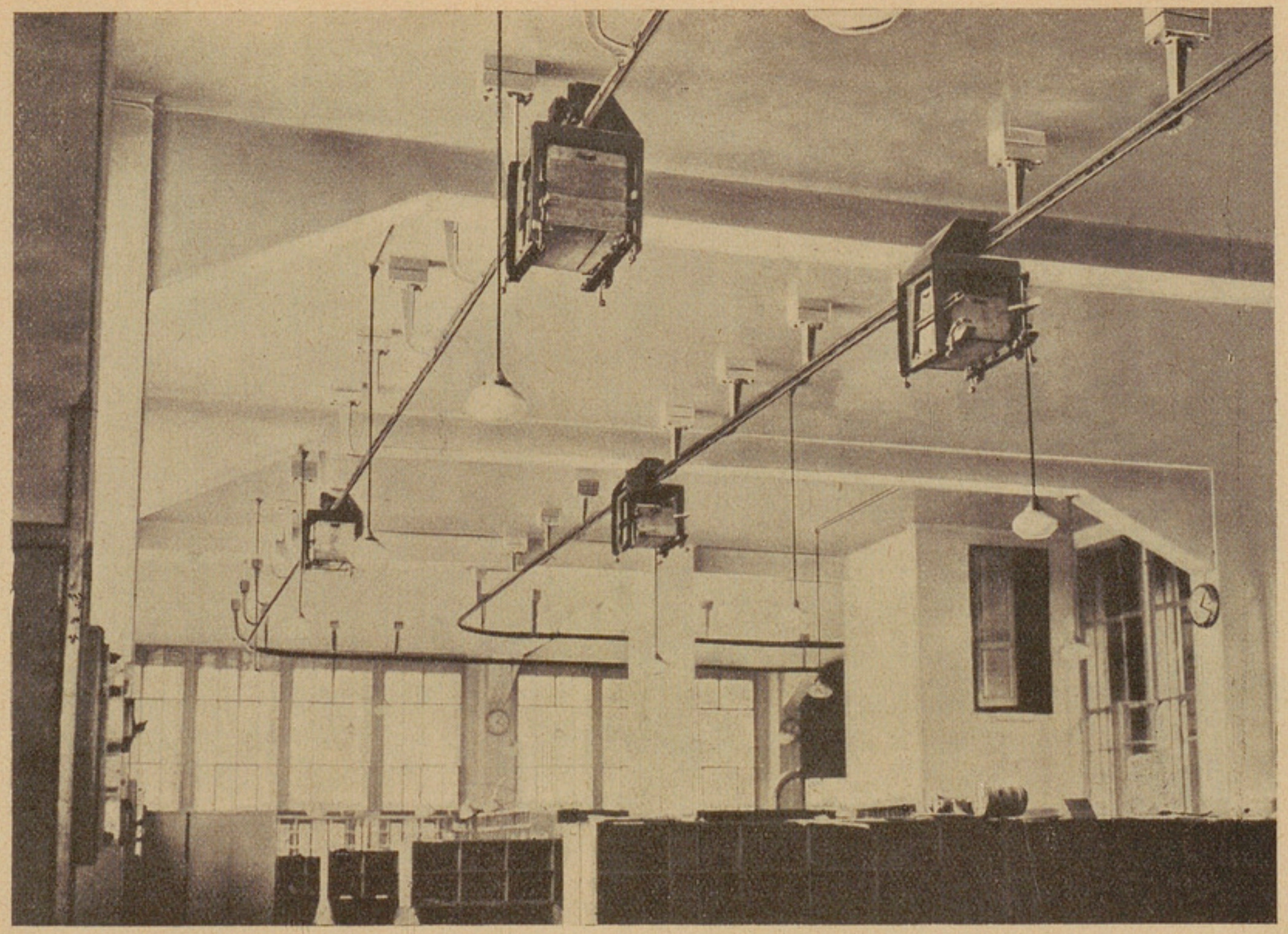


Fig. 3.

moteur électrique. Un châssis en fer profilé (fig. 2) supporte le socle en fonte sur lequel est assemblé tout le dispositif moteur. Un deuxième châssis lui est latéralement juxtaposé ; il sert d'appui à une plate-forme à galets qui participe au transit des chargements entre wagonnets et ascenseurs. Le châssis inférieur de l'ascenseur (fig. 1) est latéralement prolongé, au niveau d'arrêt de la benne,

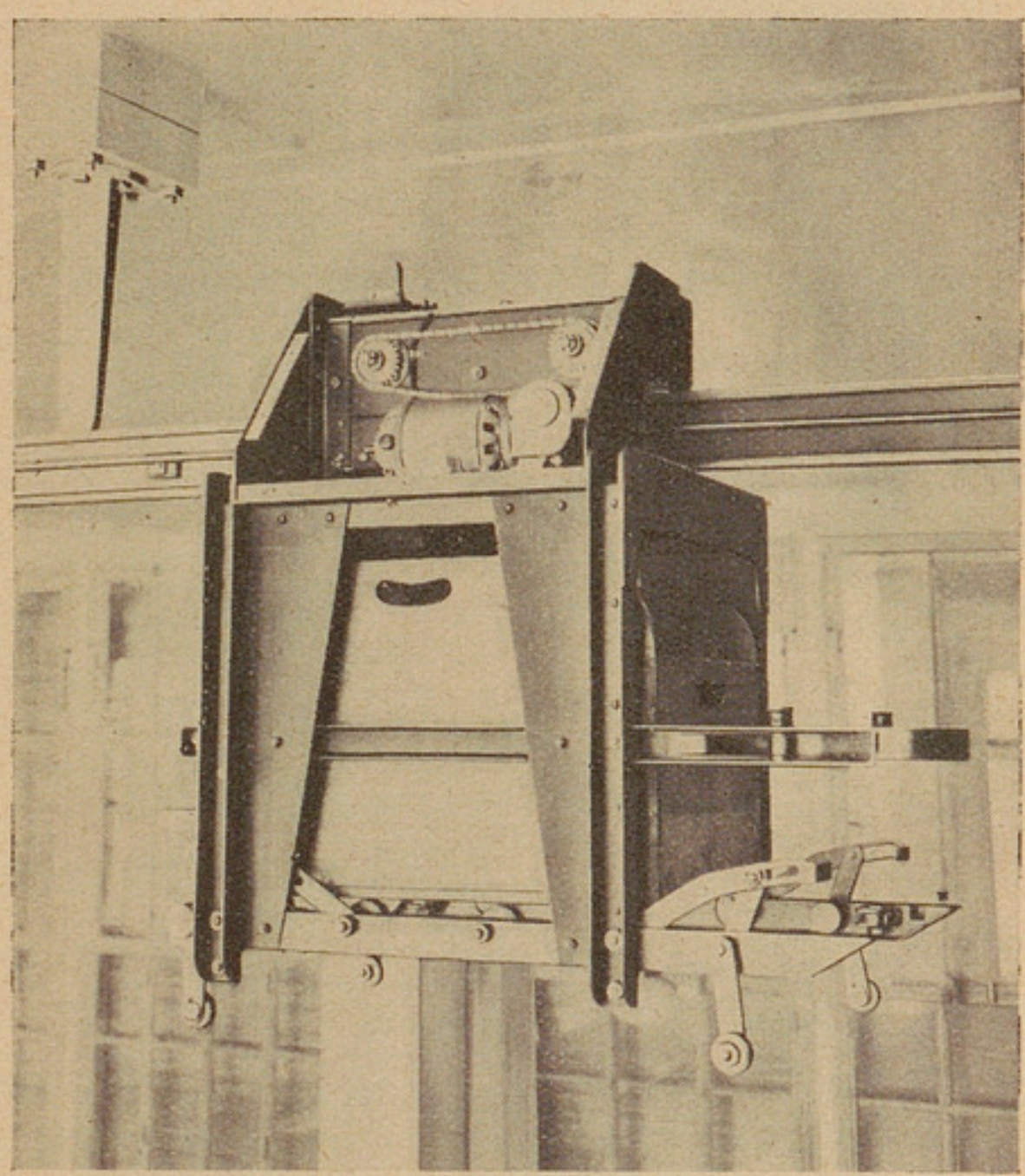


Fig. 4.

par un chemin à rouleaux montés sur billes, destiné à recueillir les caisses que la benne décharge automatiquement.

La *voie* (fig. 3), d'une longueur de 130 mètres, est réalisée par un rail d'acier à double champignon, fixé au plafond du deuxième étage par des consoles de fonte espacées d'environ $1^{m},70$. Contre l'âme de ce rail de roulement, est fixé, par des plaques isolantes, un rail de laiton, conducteur du courant électrique, destiné à l'alimentation des moteurs des wagonnets. Le plan de la voie est visible sur la figure 5, représentant le tableau de signalisation.

Le *wagonnet* (fig. 4) est constitué par un châssis métallique formant les arêtes d'un parallélipipède rectangle dont la face supérieure supporte le moteur électrique, les frotteurs de prise de courant et les galets de roulement. A l'intérieur, vient se loger la caisse contenant les lettres à transporter ; elle repose sur des glissières à

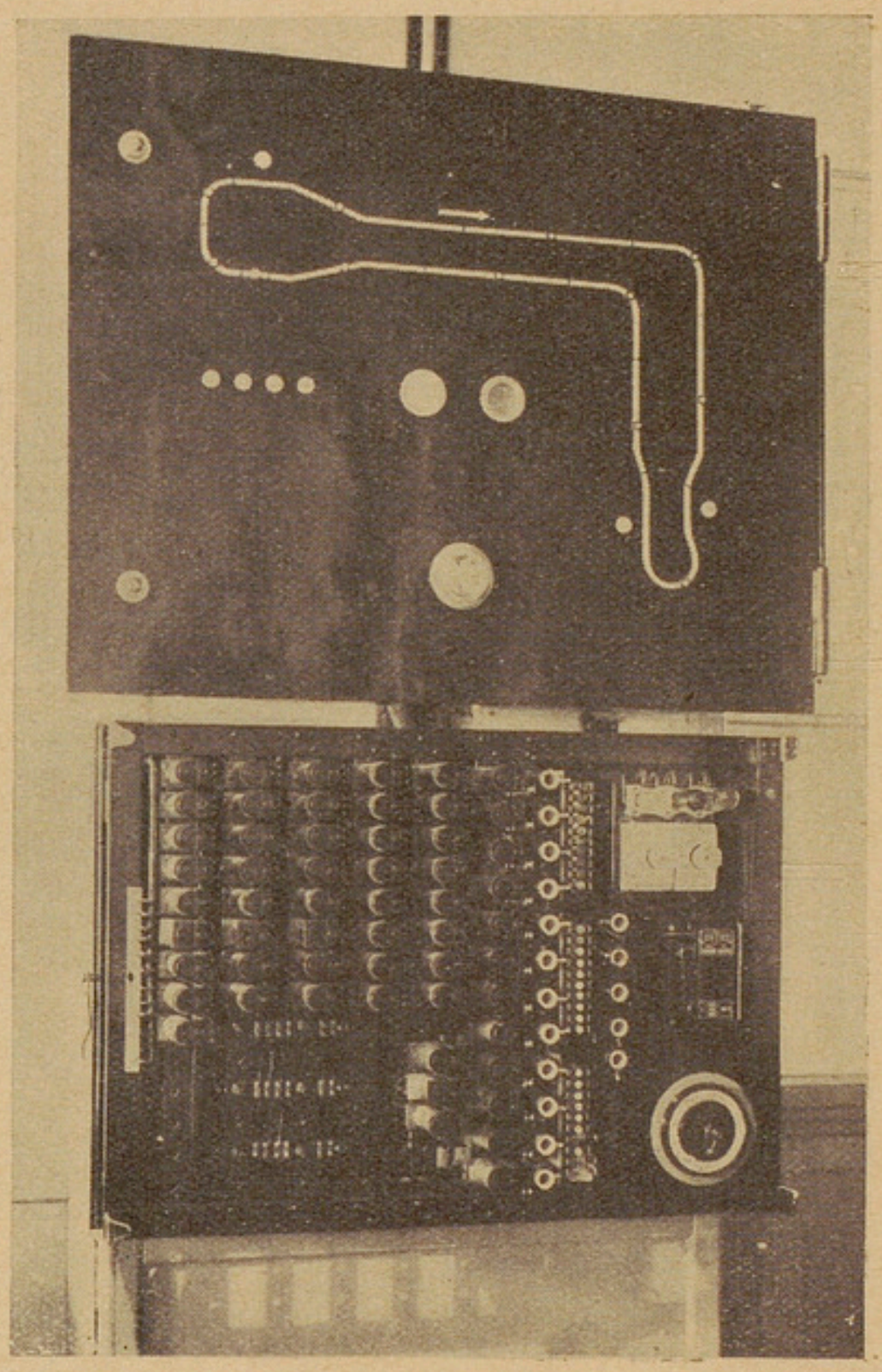


Fig. 5.

galets, qui facilitent le transbordement. Quatre wagonnets assurent le trafic.

Un *central* (fig. 5) de commande et de contrôle, comprenant un *bâti de relais* et un *tableau de signalisation*, régit le fonctionnement général de l'installation. Le courant continu à 60 volts est fourni par un groupe convertisseur rotatif, mis en marche et arrêté automatiquement de la station des boîtes aux lettres.

Un *dispositif de protection* est prévu pour répartir les wagonnets convenablement sur la voie sans qu'il y ait à risquer quelque tamponnement intempestif. A cet effet, le rail conducteur en laiton est divisé en sections de blocage, isolées les unes des autres et alimentées séparément. Lorsqu'un wagonnet parcourt une section, le courant se trouve coupé sur la section qui précède et qu'il vient de quitter. Ainsi, il y a toujours, entre deux wagonnets, une section sans courant qui les empêche de se rapprocher dangereusement.

Sur le tableau de signalisation (fig. 5), est représentée, à échelle réduite, la voie, vue en plan, avec les sections de blocage. Chacune de ces sections est munie d'une lampe ; la position des ascenseurs est également indiquée par une lampe. Ces lampes s'allument quand l'ascenseur correspondant est en marche et quand un wagonnet se trouve sur l'une des sections de blocage. On peut ainsi suivre le trafic à un instant quelconque. En outre, cette signalisation permet, en cas de dérangement, de se rendre compte de la position des divers appareils ; les recherches et la remise en état sont particulièrement facilitées.

Fonctionnement de l'installation. — Nous désignerons par 1 et 2 les ascenseurs de la salle de tri ; par 3, l'ascenseur de la station des boîtes aux lettres.

Au repos, les quatre wagonnets sont arrêtés et répartis sur les quatre sections qui précèdent l'ascenseur 3. Ils sont, en général. chargés de caisses vides que les stations 1 et 2 renvoient à la station 2,

A la station 3 (boîtes aux lettres), se trouve une platine de trois boutons : l'un pour expédier sur l'ascenseur 1 ; l'autre pour expédier sur l'ascenseur 2, le troisième pour retour au repos en cas d'erreur.

Après avoir engagé une caisse contenant des lettres sur la benne de l'ascenseur, l'employé presse sur le bouton 2, par exemple. Le wagonnet le plus proche de l'ascenseur se met en marche ; il passe au dessous d'une rampe de contact, contre laquelle vient frotter un balai fixé sur le wagonnet. Aussitôt le moteur de l'ascenseur démarre ; l'ascenseur monte, tandis que le wagonnet s'arrête pour

attendre que la benne de l'ascenseur soit venue à son niveau. A ce moment, le wagonnet se remet en marche ; il pousse devant soi, sur la plateforme à galets, la caisse qui se trouve sur la benne de l'ascenseur. Pendant que le wagonnet passe au dessus de la benne, un jeu de leviers retient la caisse vide qu'il transportait. Le wagonnet, en progressant, emmène la caisse pleine qui était garée sur la plateforme à galets. L'ascenseur redescend, porteur de la caisse vide, que la benne abandonne automatiquement en fin de course sur le chemin à rouleaux.

Quelques mètres avant d'atteindre l'ascenseur 2, le balai du wagonnet rencontre une rampe de contact qui commande la montée de cet ascenseur. Le wagonnet s'arrête jusqu'à la fin de l'ascension ; il repart ensuite, abandonne sur la benne de l'ascenseur la caisse pleine et emporte la caisse vide qui avait été placée sur l'ascenseur par les employés de la salle de tri. Le wagonnet vient se ranger à la suite des wagonnets en attente devant l'ascenseur 3.

De la même façon, on peut faire des expéditions de l'ascenseur 3 vers l'ascenseur 1.

Les seules manœuvres à effectuer sont donc : à la station 3, charger les caisses sur la benne de l'ascenseur et appuyer sur le bouton de la station destinataire ; aux stations 1 et 2, placer une caisse vide sur la benne de l'ascenseur dès qu'il a déchargé une caisse pleine. Les caisses vides repartent ainsi automatiquement au fur et à mesure que les caisses pleines arrivent à la salle de tri.

Le débit de l'installation est d'environ 40.000 lettres à l'heure, la puissance absorbée étant, en moyenne, de 600 à 800 watts.

Quelques considérations sur

L'ÉVOLUTION ET L'ÉTAT ACTUEL DE LA TECHNIQUE MICROPHONIQUE, [1]

par P. CHAVASSE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'esprit contemporain, accoutumé aux merveilles que lui ont apportées avec profusion deux siècles d'efforts et d'épanouissement scientifique sans précédent, considère certes avec complaisance, mais peut-être avec un enthousiasme moins admiratif qu'autrefois, les applications que la technique moderne a su faire des travaux et des découvertes dont les maîtres de la science ont auréolé le XIXe siècle. Ce qui naguère apparaissait comme utopique, comme fabuleux est devenu la réalité de chaque jour et nul ne songe plus, par exemple, à s'étonner d'ouïr avec pureté la voix de l'ami lointain qui, malgré la distance, malgré la différence des climats et des heures, s'entretient avec vous comme il pourrait le faire dans l'intimité d'un cabinet de travail. Parmi les découvertes dont nous nous enorgueillissons et qui nous ont conduits peu à peu dans le pays des contes de fées où tout n'était qu'enchantement et magie, celle du microphone est peut-être l'une des plus remarquables, et rien ne semble plus suggestif que de suivre le patient travail des chercheurs et l'évolution tantôt lente et tantôt plus rapide d'une technique qui a atteint aujourd'hui un haut degré de perfection, au point d'avoir fait du microphone l'un des objets familiers de notre vie quotidienne.

---

1. Conférence faite au Conservatoire national des arts et métiers le 30 mai 1932.

MUSEUM

I. Quelques mots sur l'histoire du microphone.

Comme la plupart des créations de l'esprit humain, le microphone eut ses précurseurs et son histoire. Dès le début du XIXe siècle, certains chercheurs avaient observé des effets très nets de transformation d'énergie acoustique en énergie électrique et inversement. Par exemple, en 1837, Page, à Salem dans le Massachussets, notait la production d'un son par changement brusque de l'intensité magnétique d'un aimant, il put même produire ce qu'il appela de la « musique galvanique » par la rotation rapide d'un aimant en fer à cheval dans un champ magnétique intense. Inversement, en 1845, Sullivan remarquait que des courants électriques étaient engendrés par la vibration d'un fil composé de deux éléments en métaux différents. Quelques années plus tard, vers 1847 et 1852, les travaux de certains expérimentateurs, comme Froment et Pétrina, montrèrent même la possibilité de transmettre à distance des sons musicaux.

Les premiers microphones à rupture de contact. — C'est alors que Bourseul décrivit le fameux microphone, qu'il n'avait d'ailleurs pas réalisé, mais dont il donnait simplement le principe. Comme beaucoup de ses contemporains, que n'avaient pas encore éclairés les travaux d'acoustique de Helmholtz et qui ne possédaient qu'une connaissance incomplète de la constitution de la parole et *a fortiori* des conditions nécessaires à sa reproduction, Bourseul ne semble pas avoir pensé qu'une des bases de cette reproduction fût dans la transformation d'ondes acoustiques à composantes sinusoïdales plus ou moins nombreuses en oscillations électriques de même forme. Voici, en effet, les passages essentiels du texte qu'il rédigeait lui-même en termes assez brefs et tels qu'on peut les lire dans *L'illustration* du 26 mai 1854, qui eut la primeur de l'ingénieuse suggestion :

. . . . . .

Je me suis demandé, par exemple, si la parole elle-même ne pourrait pas être transmise par l'électricité ; en un mot, si l'on ne pourrait pas parler à Vienne et se faire entendre à Paris. La chose est praticable ; voici comment :

Les sons, on le sait, sont formés par des vibrations, et apportés à l'oreille par ces mêmes vibrations reproduites dans les milieux intermédiaires.

Mais l'intensité de ces vibrations diminue très rapidement avec la dis-

tance, de sorte qu'il y a, même au moyen des porte-voix, des tubes et des cornets acoustiques, des limites assez restreintes qu'on ne peut dépasser. Imaginez que l'on parle près d'une plaque mobile assez flexible pour que cette plaque établisse et interrompe successivement la communication avec une pile, vous pourrez avoir à distance une autre plaque qui exécutera en même temps exactement les mêmes vibrations.

Il est vrai que l'intensité des sons produits sera variable au point de départ où la plaque vibre par la voix, et constante au point d'arrivée où elle vibre par l'électricité ; mais il est démontré que cela ne peut altérer le son.

Il est évident d'abord que les sons se reproduiraient avec la même hauteur dans la gamme.

L'état actuel de la science de l'acoustique ne permet pas de dire *a priori* s'il en sera tout à fait de même des syllabes articulées par la voix humaine. On ne s'est pas encore suffisamment occupé de la manière dont ces syllabes sont produites. On a remarqué, il est vrai, que les unes se prononcent des dents, les autres des lèvres, etc... ; mais c'est là tout.

Quoiqu'il en soit, il faut bien songer que les syllabes se reproduisent exactement, rien que par les vibrations des milieux intermédiaires ; reproduisez exactement ces vibrations, et vous reproduirez exactement aussi les syllabes.

En tout cas, il est impossible, dans l'état actuel de la science, de démontrer que la transmission des sons est impossible. Toutes les probabilités, au contraire, sont pour la possibilité.

Quand on parla pour la première fois d'appliquer l'électro-magnétisme à la transmission des dépêches, un homme haut placé dans la science traita cette idée de sublime utopie, et cependant aujourd'hui on communique directement de Londres à Vienne par un simple fil métallique. Cela n'était pas possible, disait-on, et cela est.

Il va sans dire que des applications sans nombre et de la plus haute importance surgiraient immédiatement de la transmission de la parole par l'électricité.

A moins d'être sourd et muet, qui que ce soit pourrait se servir de ce mode de transmission qui n'exigerait aucune espèce d'appareils. Une pile électrique, deux plaques vibrantes et un fil métallique suffiraient.

. . . . . .

Quoiqu'il en soit, il est certain que, dans un avenir plus ou moins éloigné, la parole sera transmise à distance par l'électricité. J'ai commencé des expériences ; elles sont délicates et exigent du temps et de la patience ; mais les approximations obtenues font entrevoir un résultat favorable.

Paris, le 26 mai 1854.

On peut conclure de cet exposé qu'il y avait encore des étapes importantes à franchir pour passer à la réalisation d'un appareil microphonique fidèle au sens où nous l'entendons aujourd'hui. En effet, Bourseul semble avoir essentiellement considéré la rupture du circuit électrique comme le principe du mécanisme du passage des ondes acoustiques aux oscillations électriques. Or, dans une telle conception, la modulation du courant continu est évidemment systématique et brutale, en quelque sorte télégraphique, et ne tient aucun compte des conditions nécessaires à la formation et à la reproduction des sons constitutifs de la parole, dont il faut, avec une fidélité suffisante, respecter la complexité de composition et les

variations d'intensité pour obtenir une transmission intelligible et non une série d'impulsions, d'allure télégraphique.

Toutefois une réalisation suivit effectivement la description

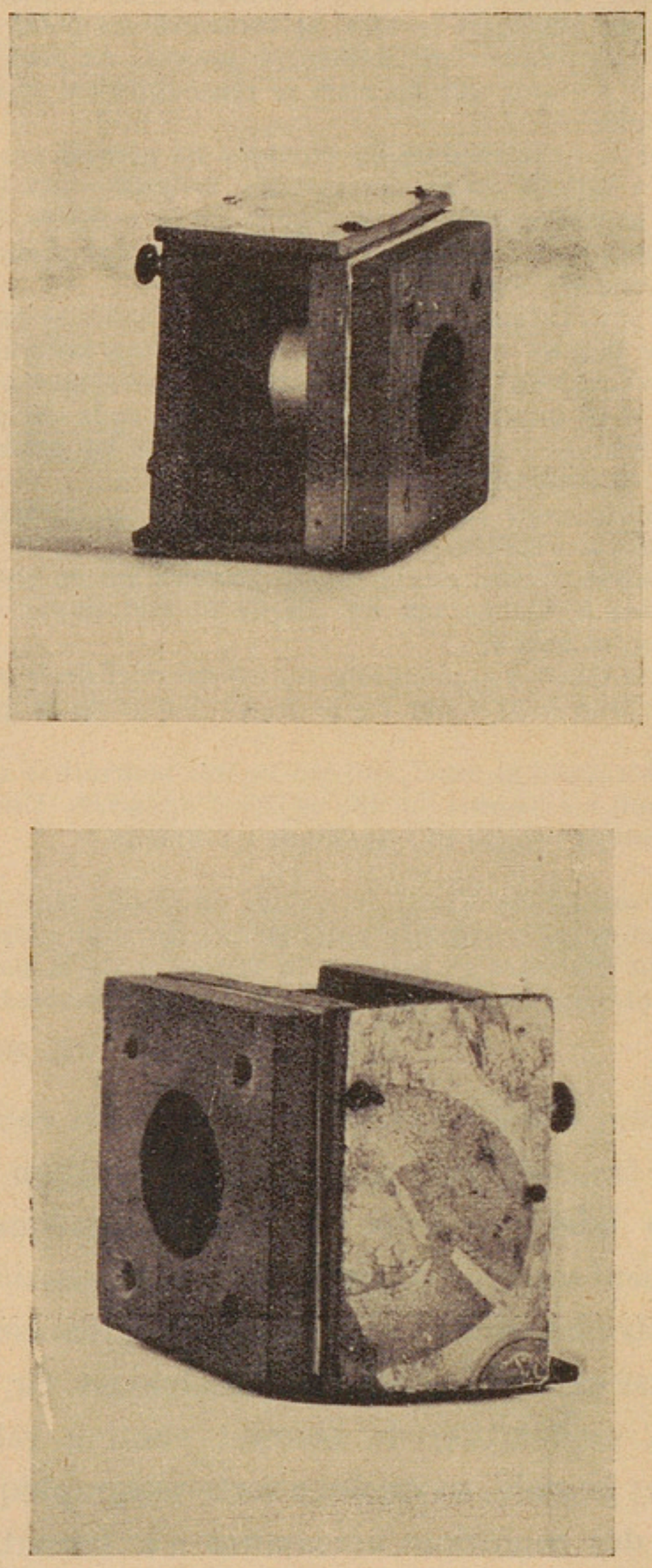


Fig. 1. — Deux aspects du microphone réalisé d'après les indications de Bourseul.

sommaire qu'avait donnée Bourseul : elle fut l'œuvre d'un ingénieur américain, M. Barney, qui, en 1872, construisit un premier appareil rudimentaire, conservé par l'administration française des Postes et Télégraphes, et dont l'aspect est exactement conforme à celui qu'en donne *L'Illustration* du 21 novembre 1908 (fig. 1).

L'idée que la rupture du circuit microphonique pouvait réellement permettre le transfert plutôt que la reproduction d'un son de fréquence définie, mais était impropre à la transmission directe de la parole, qui demande le respect de la hauteur, de l'intensité et du timbre, semble avoir été acceptée assez communément à l'époque dont nous parlons. C'est ainsi que Philip Reis, réunissant les deux conceptions de Bourseul et de Page, construisit ce qu'il appela un *téléphone* : le microphone était un simple contact à rupture entre une pointe de platine et une membrane vibrante. Ce dispositif, inséré dans un circuit alimenté par une force électromotrice continue, produisait un courant discontinu, qui traversait un récepteur téléphonique. Des sons continus de fréquence unique purent être ainsi reproduits, et une première ébauche de liaison électro-acoustique fût même réalisée de la sorte ; mais son principe demeurait encore incertain et la parole ne fut pas transmise.

Les premiers microphones modulants. — Sans vouloir entrer dans le détail des inventions qui marquèrent l'époque que l'on pourrait appeler *prétéléphonique*, ni ranimer le souvenir des discussions et des contestations qui passionnèrent alors l'opinion, il semble néanmoins équitable de reconnaître que le deuxième pas décisif fut franchi après la publication des travaux de Helmholtz. L'appareil microphonique proprement dit, c'est-à-dire un appareil permettant de suivre la voix dans ses inflexions et ses variations d'intensité et de timbre, date réellement de cette époque.

Les noms d'Elisha Grey et de Graham Bell sont attachés à la découverte d'un tel système microphonique parlant, et pourtant, combien différents sont les procédés qu'ils ont fait breveter le même jour (14 février 1876) et comme nous paraissent lointains et primitifs les moyens et les appareils qui sont décrits dans ces brevets !

Le premier microphone magnétique. — Bell, découvrant en

somme le premier microphone magnétique, réalisa, au moyen de deux systèmes absolument symétriques, la première communication téléphonique : son microphone comme son récepteur étaient constitués par un électro-aimant dont l'armature était rendue solidaire d'un diaphragme en or battu. Les deux électro-aimants étaient montés en série et alimentés par une pile commune. Dans le cas du microphone, le diaphragme, vibrant sous l'effet des ondes acoustiques, induisait dans le premier électro-aimant des courants microphoniques qui, parcourant le second électro-aimant, y développaient des forces électro-magnétiques ; le diaphragme de ce dernier était mû synchroniquement par la deuxième armature et suivait, en intensité comme en fréquence, les vibrations initiales.

Le premier microphone à résistance. — Le microphone d'Elisha Gray consistait essentiellement en un diaphragme portant une petite plaque de platine et solidaire d'une pointe de platine qui plongeait dans un vase rempli d'eau et qui était relié à l'un des pôles d'une pile ; cette pointe faisait face à une deuxième pointe de platine, immobile, connectée au deuxième pôle et placée dans le prolongement et à courte distance de la première pointe. Sous l'action des vibrations du diaphragme, la distance entre les deux pointes, c'est-à-dire la résistance du circuit local alimenté par la pile, variait : le courant continu subissait donc des variations de même forme et de même fréquence que la plaque microphonique et que l'onde acoustique excitatrice. Le premier microphone à résistance était né.

Utilisation des contacts imparfaits : microphones à charbon d'Edison et de Hughes. — Dans les premiers essais que nous venons de résumer, il n'avait été fait appel à aucun principe essentiellement nouveau et les variations de résistance qui avaient permis les premières reproductions correctes de la parole étaient dues à une action de nature physiquement connue et bien déterminée. Vers 1875, les travaux de du Moncel et de Clérac attirèrent, au contraire, l'attention sur les contacts imparfaits ou médiocrement conducteurs. Edison fut, à leur suite, conduit à étudier tout spécialement les variations de résistance de ces contacts en fonction de la pression : il construisit, sur le principe de ces variations, un microphone avec

membrane vibrante et pastille de charbon qui, associé avec un récepteur Bell, reproduisait la parole fidèlement, mais avec une faible intensité. L'utilisation d'une bobine d'induction, complétant le circuit microphonique tel que nous le concevons aujourd'hui, améliora notablement la qualité de la transmission et permit d'obtenir une première communication réellement commerciale.

Sur un principe analogue, mais par des moyens différents, Hughes construisit un microphone beaucoup plus sensible, qui fonctionnait par variations de résistance de contact entre un crayon

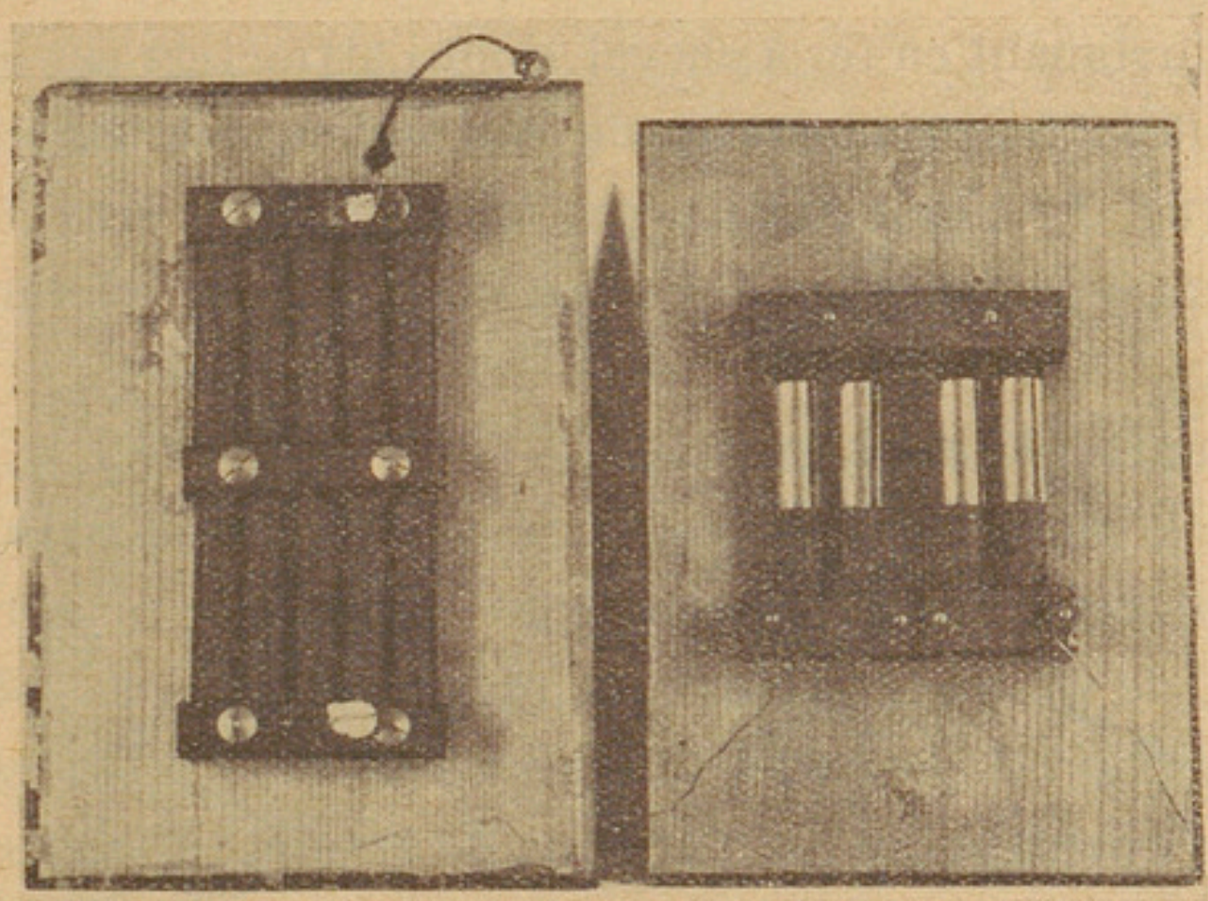


Fig. 2.
Microphone Acer. (a) Microphone d'Arsonval. (b)

de charbon cylindrique terminé par deux pointes coniques reposant respectivement dans deux alvéoles pratiquées dans deux blocs de charbon. Le charbon était disposé verticalement et les blocs supports recevaient d'une planchette, jouant le rôle de diaphragme, les vibrations acoustiques, qui se trouvaient ainsi transmises au charbon par l'intermédiaire du contact imparfait avec les blocs supports. La sensibilité de ce système étaient extrêmement élevée et il faut voir réellement en lui l'ancêtre des microphones actuels.

Pour rendre son fonctionnement plus symétrique et pour accroître sa stabilité, on fut amené à placer les charbons horizontalement et même à disposer plusieurs charbons, soit en parallèle,

soit en séries parallèles, ce qui multipliait le nombre des contacts ; l'effet microphonique se trouvait, en somme, divisé, régularisé par une sorte de répartition statique, et le timbre fut grandement amélioré.

Une des plus intéressantes applications de ce principe fût réalisée en France par Ader, qui construisit un microphone en montant, en série, deux groupes de cinq crayons parallèles (fig. 2-a). D'Arsonval compléta cette disposition en enroulant, sur une partie de la surface latérale de chaque crayon, une mince feuille de fer blanc fendue suivant une génératrice, et en plaçant, à l'arrière des crayons, un aimant en fer à cheval, dont l'attraction sur les feuilles régularisait le fonctionnement du microphone en stabilisant les contacts (fig. 2-b ; l'aimant n'a pas été représenté sur cette figure, qui montre seulement les charbons et la plaque vibrante).

Les microphones à grenaille. — L'évolution qui se dessinait ainsi vers la multiplicité des contacts conduisit tout naturellement au microphone à grenaille, dans lequel un certain nombre de gros morceaux de graphite étaient maintenus entre deux plaques de charbon servant d'électrodes et logées dans des cavités aménagées dans l'une des plaques ; ces morceaux de graphite affectaient tantôt la forme irrégulière d'un fragment d'anthracite aux arêtes relativement vives et aux facettes brillantes, tantôt, au contraire, la forme de billes sphériques de charbon moulé. De nombreux microphones de ce type sont encore en service et notamment utilisés dans certains postes dits à batterie locale parce qu'ils sont alimentés par une source de courant continu (deux éléments de pile, par exemple) incluse dans le poste téléphonique lui-même.

Les premiers microphones à graphite. — L'emploi de grains de charbon de plus en plus fins, sous forme de grenaille, était le dernier pas dans la multiplication des contacts, avant l'étude et l'adoption systématique de poudre de graphite finement divisé. Les premières tentatives d'utilisation de cette poudre suivirent de près la construction des premiers microphones, puisque, dès 1887, Berliner réalisait un transmetteur composé d'un boîtier métallique supportant un

disque de charbon : la face postérieure de ce disque, maintenue contre le boîtier par l'intermédiaire d'un isolant en fibre vulcanisée, était plane ; la face antérieure, au contraire, était entaillée de rainures concentriques à section quelque peu triangulaire et contenant la poudre microphonique. Une plaque de charbon jouant le rôle de diaphragme, assurait la fermeture de la boîte à grenaille ainsi constituée. Un petit ressort, s'appuyant sur le diaphragme par l'intermédiaire d'une rondelle de feutre, donnait une pression favorable au bon fonctionnement microphonique.

D'autres microphones, d'importances très diverses, avaient également fait leur apparition à cette époque qui marque la fin de

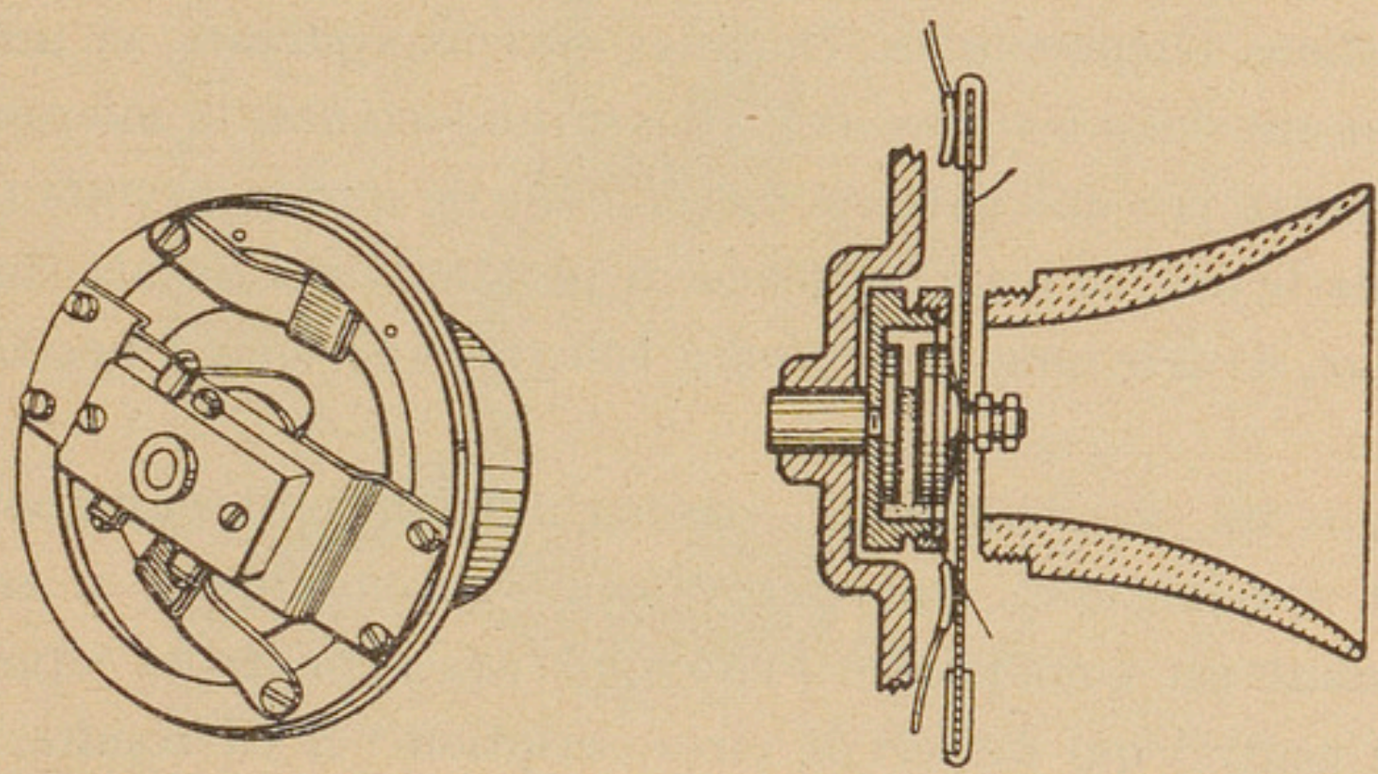


Fig. 3. — Microphone Solid back.

l'ère première du téléphone et qui s'étend, en somme, jusque vers 1910-1914. Sans entrer dans le détail d'une énumération toujours un peu aride et fastidieuse, nous ferons néanmoins une mention toute particulière du microphone « solid back », en raison de son développement et de son usage encore très général dans les pays saxons, où il a été le type du microphone d'abonné [1]. L'idée originale en semble due à Blake. Toutefois, son application et sa réalisation actuelle appartiennent à Anthony White (1892). Sous sa forme moderne, il comprend essentiellement une boîte à grenaille cylin-

1. M. Frederick, dans un article intitulé *The development of the microphone* publié récemment dans le *Bell telephone quarterly*, évalue à 20 millions le nombre des « solid back » en service.

drique plate et un diaphragme (fig. 3.). La cuvette, formant la base et les côtés de cette boîte, est rigidement fixée au support du microphone et porte une électrode plate en charbon. Le petit couvercle plan qui ferme la boîte et qui soutient la deuxième électrode est, au contraire, associé au diaphragme par une vis et un écrou. Une collerette de mica, formant joint, ferme la boîte et assure une liaison élastique entre celle-ci et le diaphragme. L'ensemble, complété par une embouchure tronconique, est placé sur un support et, grâce à un système à charnière, peut être orienté de la façon la plus favorable à la conversation.

Nous voudrions aussi indiquer d'un mot les progrès qui, en liaison avec ceux du microphone, avaient marqué l'évolution des installations téléphoniques. Dans les anciens systèmes, et maintenant encore dans les réseaux très peu importants, le microphone est alimenté par une batterie individuelle de quelques volts (deux éléments de pile, en principe) placée à proximité immédiate du microphone, d'où le nom de *système à batterie locale* donné à cette disposition.

Dans les grands réseaux, comportant de nombreux abonnés, et tout spécialement dans les réseaux automatiques, la source de courant est commune à l'ensemble des abonnés et située au bureau central qui dessert la circonscription : il en résulte, pour l'exploitation, de plus grandes facilités et des avantages techniques qui expliquent la faveur universelle dont jouit ce système dit à *batterie centrale.* Son emploi a entraîné la modification des microphones et celle des postes complets, afin de réaliser une adaptation plus parfaite des appareils aux conditions nouvelles d'impédance et d'alimentation.

Simultanément, d'ailleurs, la construction s'orientait définitivement vers les appareils microphoniques à capsules, c'est-à-dire des appareils dans lesquels la partie proprement microphonique forme un ensemble autonome facilement amovible et se prêtant aisément à des changements rapides qui rendent plus souple l'utilisation du téléphone. Les diverses parties constitutives du poste téléphonique ne sont pas, en effet, toutes également importantes ou du moins également vulnérables, et la capsule est, avec le récep-

teur téléphonique, l'un des éléments essentiels qui, de par sa constitution, vieillit le plus rapidement ; il est donc intéressant de pouvoir en effectuer rapidement le remplacement. D'un autre côté, les commodités d'une fabrication industrielle imposent également la nécessité de pièces simples, susceptibles d'un usinage en grande série par moulage ou emboutissage, auxquels ne se prêtaient que difficilement les anciens modèles ; ces exigences sont devenues particulièrement impérieuses avec la généralisation de l'appareil dit *combiné* (1)

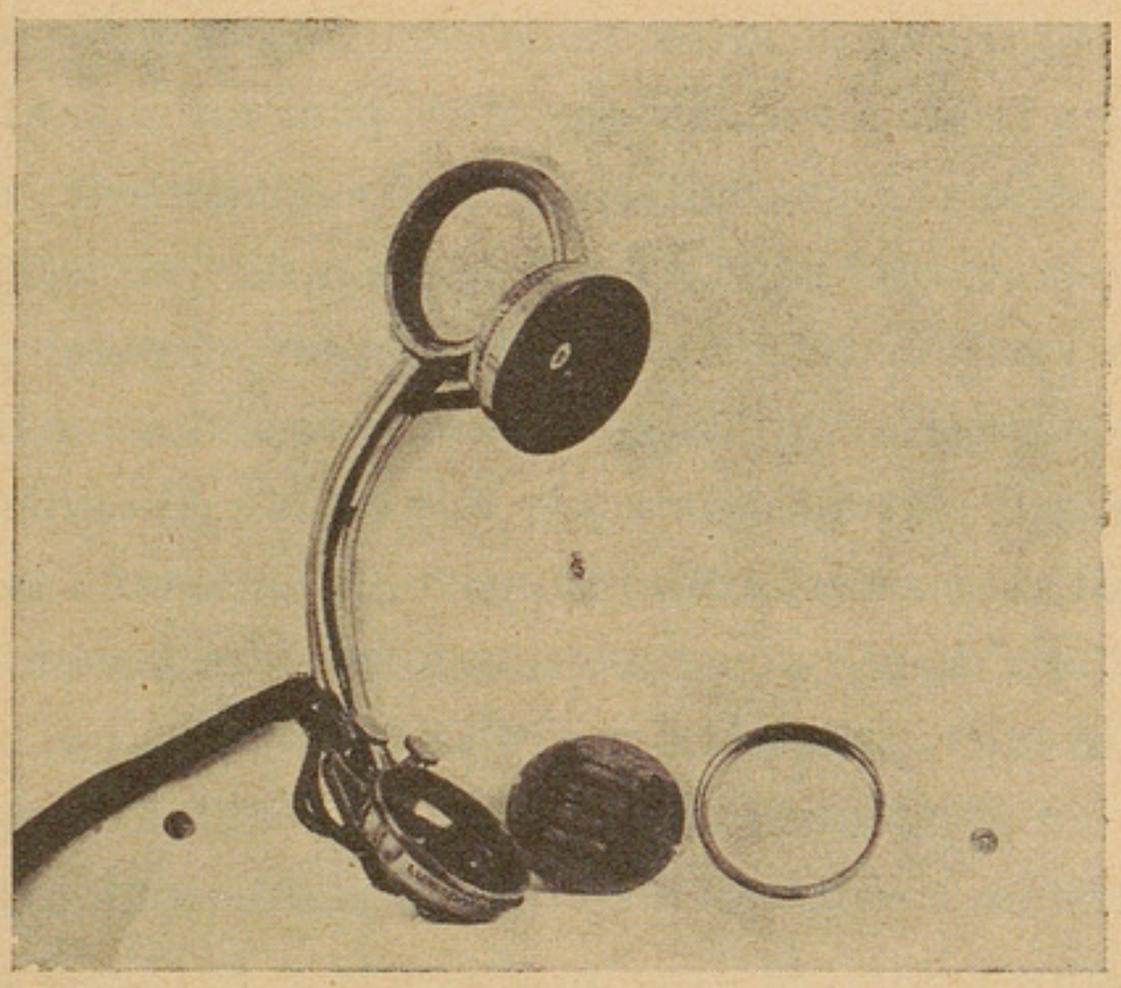


Fig. 4. — Combiné d'Arsonval, à charbons.

(On remarque la disposition relative du récepteur et du microphone le microphone est placé normalement à la direction des ondes acoustiques, ce qui correspond à de bonnes conditions d'utilisation.)

rassemblant, fixés sur un même manche, le microphone et le récepteur et dont l'usage, répandu dans le monde entier, tend à supplanter les anciens postes avec éléments complètement indépendants.

---

1. L'apparition des premiers appareils combinés est fort ancienne et semble avoir suivi d'assez près l'apparition des microphones utilisables commercialement. La figure 4 donne une vue d'un ancien combiné, du type d'Arsonval, dont le microphone comportait les mêmes parties essentielles que l'appareil mural décrit précédemment (fig. 2-b).

II. Caractéristiques principales des microphones.

Avant d'aller plus loin dans l'examen des appareils modernes, il semble utile de préciser deux notions qui ont pris une grande importance dans l'utilisation et la construction de tous les systèmes téléphoniques, à savoir les notions d'*efficacité* et de *netteté*.

Efficacité. — *Efficacité absolue.* — L'efficacité d'un appareil microphonique caractérise l'aptitude de cet appareil à transformer en courant électrique les vibrations acoustiques qui mettent son diaphragme en mouvement. On sait que, pour un microphone ordinaire avec source d'alimentation indépendante, le rendement apparent de la transformation d'énergie correspondante est très supérieure à l'unité, car l'énergie électrique est entièrement empruntée à la source ; le diaphragme commande simplement les variations du courant continu débité par la source : l'énergie vibratoire du diaphragme, qui, elle, est en rapport direct avec l'intensité du son incident, n'a donc aucune relation nécessaire avec la puissance fournie par le microphone. Le microphone fonctionne, en somme, comme une lampe amplificatrice à trois électrodes. Cette analogie électro-mécanique a été indiquée depuis assez longtemps et peut être poussée assez loin ; le diaphragme y joue le rôle d'une grille : de même que cette dernière a une grande impédance électrique et subit des variations de tension électrique qui modulent le courant de plaque, de même le diaphragme possède une impédance acoustique très élevée et, sous l'influence des variations de pression, il module le courant continu qui alimente la boîte à grenaille. De même encore qu'une lampe amplificatrice à trois électrodes ne saurait être utilement caractérisée par son rendement mais peut être, au contraire, définie par le rapport de deux tensions ou encore par le rapport des variations d'intensité dans le circuit d'utilisation aux variations concomitantes de tension entre grille et point commun, de même un microphone peut être caractérisé, pour une fréquence donnée, par le rapport entre la tension électrique alternative utilisable entre ses bornes et la pression acoustique alternative effectivement appliquée sur son diaphragme. Ce rapport,

qui s'énonce en volts par barye, définit l'*efficacité absolue* du microphone pour la fréquence considérée ; le microphone sera évidemment d'autant meilleur, c'est-à-dire fournira un courant microphonique d'autant plus élevé et sera d'autant plus apte à la transmission phono-électrique, que cette efficacité sera elle-même plus grande.

Efficacité résultante. — Il y a toutefois lieu de considérer une seconde efficacité qui, tenant compte de la réaction du microphone sur le milieu acoustique proprement dit, donne peut-être une idée plus exacte de son fonctionnement propre et de son aptitude à recueillir et à transformer les ondes acoustiques. Cette efficacité s'exprime par le rapport entre les variations de la tension électrique aux bornes du microphone et les variations de pression de l'onde acoustique excitatrice non déformée et telle qu'elle existe avant l'insertion du microphone dans le champ acoustique. La différence qui existe entre ces deux efficacités absolues provient de la forme géométrique de l'appareil, des réflexions qui s'exercent sur le diaphragme ou des remous qui se produisent sur ses bords, comme aussi des véritables résonances que peuvent créer certaines cavités convenablement disposées pour collecter les ondes.

Mesures d'efficacité absolue en chambre close. — Méthode du thermophone. — Il est intéressant de remarquer en passant que la première définition de l'efficacité correspond à la mesure en chambre close, par exemple avec une source de son thermophonique accouplée acoustiquement avec le microphone dans une atmosphère d'hydrogène. On sait en quoi consiste cet étalonnage : une feuille d'or, d'épaisseur extrêmement petite, large d'un centimètre environ et longue de 3 à 4 centimètres, est parcourue par un courant continu d'intensité I voisine de $0^{A},5$, auquel on superpose un courant alternatif d'intensité beaucoup plus petite et de l'ordre du milliampère. En raison de la très faible masse calorifique de la feuille d'or, la température de cette dernière peut suivre, d'après une loi calculable *a priori* avec une très grande approximation, les variations de température dues à l'effet Joule. Cet effet se traduit, suivant le sens de l'alternance par des échauffements et des refroidissements instantanés, par rapport à la température moyenne créée par le

passage du courant continu d'intensité I. La variation de température est pratiquement de la forme

$$\Delta t = 2 k I i \cos nt + k i^2 \cos^2 nt =$$
$$= 2 k I i \cos nt + \frac{1}{2} k i^2 \cos 2 nt + \frac{1}{2} k i^2.$$

En négligeant les termes quadratiques en i^2, qui sont notablement plus petits que le terme en Ii, on voit que la température du thermophone obéit à une loi pratiquement sinusoïdale : par contact direct, la feuille d'or produit, dans la chambre de couplage thermophonique qui fonctionne comme une chambre manométrique des dilatations et des compressions que l'on peut considérer comme instantanées et qui, agissant sur le diaphragme du microphone, créent entre ses bornes une différence de potentiel alternative u. Conformément à ce qui vient d'être dit, le rapport $\frac{u}{p}$ mesure l'efficacité absolue du microphone.

Méthodes de compensation. — Ces méthodes consistent à équilibrer les pressions dues au champ acoustique par des forces électromagnétiques ou électrostatiques calculables *a priori*, la membrane du microphone se trouve alors ramenée au repos, ce que l'on constate par divers procédés et méthodes de zéro qui ont surtout été expérimentés en Allemagne et qui donnent des résultats en tout point comparables à ceux du thermophone.

Mesures d'efficacité dans un champ acoustique libre. — Méthode du disque de Rayleigh. — La deuxième définition conduit, au contraire, directement aux mesures comparatives avec le disque de Rayleigh. On sait que ce disque permet de déterminer les vitesses de vibration des molécules gazeuses ; si un disque de diamètre d est placé dans un champ acoustique et si son plan fait, avec la direction de l'onde incidente à étudier, un angle θ, il est soumis à un couple de torsion aérodynamique qui tend à le placer en croix avec cette direction et qui s'exprime, en fonction de la masse spécifique ρ du gaz de la vitesse de vibration V de l'onde, par la relation simple :

$$M = \frac{1}{6} \rho d^3 V^2 \sin 2\theta.$$

Le couple M est équilibré par le couple de torsion du fil suspendant le disque. Quand un état stable est obtenu, on connaît ainsi V, c'est-à-dire p, pourvu que l'on ait à faire à une onde de forme déterminée, plane ou sphérique. Si le disque et le microphone sont disposés symétriquement par rapport à la direction de propagation de l'onde, on déduit directement de la simple mesure de la tension aux bornes du microphone l'efficacité globale du microphone, comprenant non seulement l'effet microphonique proprement dit, mais encore l'effet d'obstacle dû à l'embouchure du microphone et qui augmente l'efficacité apparente en déformant les ondes. Ce dernier effet n'est nullement négligeable et il n'est pas rare qu'il multiplie par plus de 3 la tension électrique correspondant à une onde acoustique de caractéristique donnée se propageant librement dans un espace supposé indéfini.

Distorsion et netteté. — Les deux définitions que nous venons de donner de l'efficacité ne sont valables que pour des sons purs de fréquence déterminée : le nombre de volts par barye varie, en effet, d'une manière considérable en fonction de la fréquence de l'onde incidente, de telle sorte qu'une mesure acoustique effectuée à une seule fréquence n'a, en général aucun sens, et qu'il est indispensable de tracer ce que l'on appelle la *caractéristique efficacité-fréquence* pour pouvoir apprécier les qualités d'un microphone. Toutefois, le seul examen objectif de cette courbe ne fournirait que des indications assez vagues, car, étant donné d'une part la complexité de la voix, des sons musicaux et des bruits et d'autre part la courbe de sensibilité quelque peu irrégulière de l'oreille, on ne pourrait en déduire simplement l'effet subjectif qui, en définitive, est le seul intéressant.

D'un autre côté, pour un son de fréquence déterminée, le rapport volts par barye peut lui-même dépendre dans une certaine mesure de la valeur absolue de l pression du son incident. Ce phénomène, que l'on appelle la *distorsion non-linéaire* est assez prononcé pour certains types de microphones au charbon. Il est d'ailleurs relativement commun, et l'on peut dire qu'on le retrouve non seulement dans toutes les lois physiques où le rapport de cause à effet

est fonction de l'intensité mais encore dans le fonctionnement même du système sensoriel de l'homme. On connaît la loi de Fechner, qui est un essai de mise en équation de la relation entre l'excitation physique et l'impression subjective, et qui a une allure non pas linéaire mais logarithmique. Le propre de cette distorsion est de déformer une onde en modifiant la valeur relative de ses différentes composantes, et de créer des harmoniques supplémentaires qui, par leur addition au son principal, peuvent en changer le timbre et en altérer la pureté. De même, il n'est pas certain que le tympan et l'ensemble mécanique des os et éléments de l'oreille moyenne et de l'oreille interne qui transmettent les vibrations physiques aux extrémités nerveuses aient eux-mêmes un fonctionnement dépourvu de ce type de distorsion. Certains opérateurs ont pu, en effet, par des procédés très ingénieux, mettre en évidence la formation d'harmoniques subjectifs qui ont leur répercussion sur la qualité finale des sons perçus.

Pour résumer objectivement par un nombre l'influence de ces divers éléments que l'oreille perçoit qualitativement avec un pouvoir de discernement d'ailleurs variable, les téléphonistes ont été conduits à associer à la notion d'efficacité la notion de *netteté* ou *intelligibilité*, qui donne une expression quantitative de la qualité de la transmission.

Dans le cas de la transmission et de la reproduction de la parole, la *netteté* se définit suivant les circonstances, par le rapport entre le nombre des idées, des phrases, des mots ou des sons correctement perçus et le nombre total des idées, des phrases, des mots ou des sons effectivement transmis. En vue toutefois de rendre plus systématiques les essais de netteté pour les sons qui sont les plus fréquemment exécutés, on utilise des combinaisons artificielles de trois sons formant des mots dépourvus de sens, mais normalement prononçables d'une seule émission de voix et qu'on appelle *logatomes*. Cette première manière d'évaluer la netteté est assez rapide et objective ; mais, pour rapprocher les résultats qu'elle donne des constatations d'ordre pratique qui se font dans l'exploitation, on la complète souvent par des essais de répétition, de jugement ou de reconnaissance.

Les essais de répétition donnent évidemment une indication de la facilité avec laquelle deux correspondants échangent une conversation téléphonique. Les nombres auxquels ils conduisent sont d'autant plus petits que la communication est meilleure, et ils varient dans un rapport inverse avec la netteté.

La deuxième manière d'évaluer la qualité d'un circuit consiste à comparer subjectivement les appareils ou les circuits en les mettant alternativement à la disposition d'un certain nombre de personnes, dont on recueille les appréciations comparatives de « jugements ». Leur résultat s'exprime par la proportion des « pires » ou des « meilleurs » recueillis.

Les essais de reconnaissance ont un caractère encore plus général ; comme leur nom l'indique, leur but est l'identification de la nature ou de l'origine des sons que l'on reçoit, soit qu'ils proviennent d'interlocuteurs que l'on doit reconnaître, soit qu'ils aient été émis par des instruments de musique que l'on doit spécifier par simple audition à travers le système reproducteur étudié.

Pour préciser par des nombres concrets les notions qui viennent d'être rappelées relativement à l'efficacité et à la netteté, il est possible d'indiquer qu'une transmission parfaitement nette et naturelle de la parole et de la musique demande la retransmission correcte des fréquences comprises entre 10 et 10.000 périodes par seconde. Pour la parole seule, il est toutefois possible d'être moins exigeant, et l'expérience montre que la conservation des fréquences de 100 à 6.000 périodes par seconde assure déjà une excellente qualité de conversation. La netteté pour les logatomes des appareils téléphoniques usuels (système microphonique + système récepteur) est seulement comprise entre 70/100 et 80/100, en raison de leurs résonances, de l'étroitesse de la bande de fréquences qu'ils transmettent correctement et de leur distorsion non linéaire.

Nous pouvons essayer, à la lumière de ces notions élémentaires d'acoustique téléphonique, d'examiner quelques types de systèmes microphoniques. Il paraît toutefois utile de distinguer d'une part les appareils commerciaux, dont disposent les abonnés au téléphone et dont la réalisation toujours simple doit tenir compte de l'encom-

brement, de la commodité d'utilisation et d'entretien et du prix de revient ; d'autre part, les systèmes transmetteurs de haute qualité, que l'on réalise à quelques exemplaires seulement, mais qui peuvent servir à atteindre par fil ou sans fil un grand nombre de correspondants. Ces derniers appareils, de construction coûteuse, sont principalement utilisés dans les laboratoires de physique téléphonique ou encore dans les postes émetteurs modernes de radiodiffusion ; il semble utile de poursuivre séparément l'étude des uns et des autres.

III. Les microphones des postes téléphoniques d'abonnés.

Les microphones des postes d'abonnés sont le plus souvent associés mécaniquement et rigidement au récepteur, formant avec

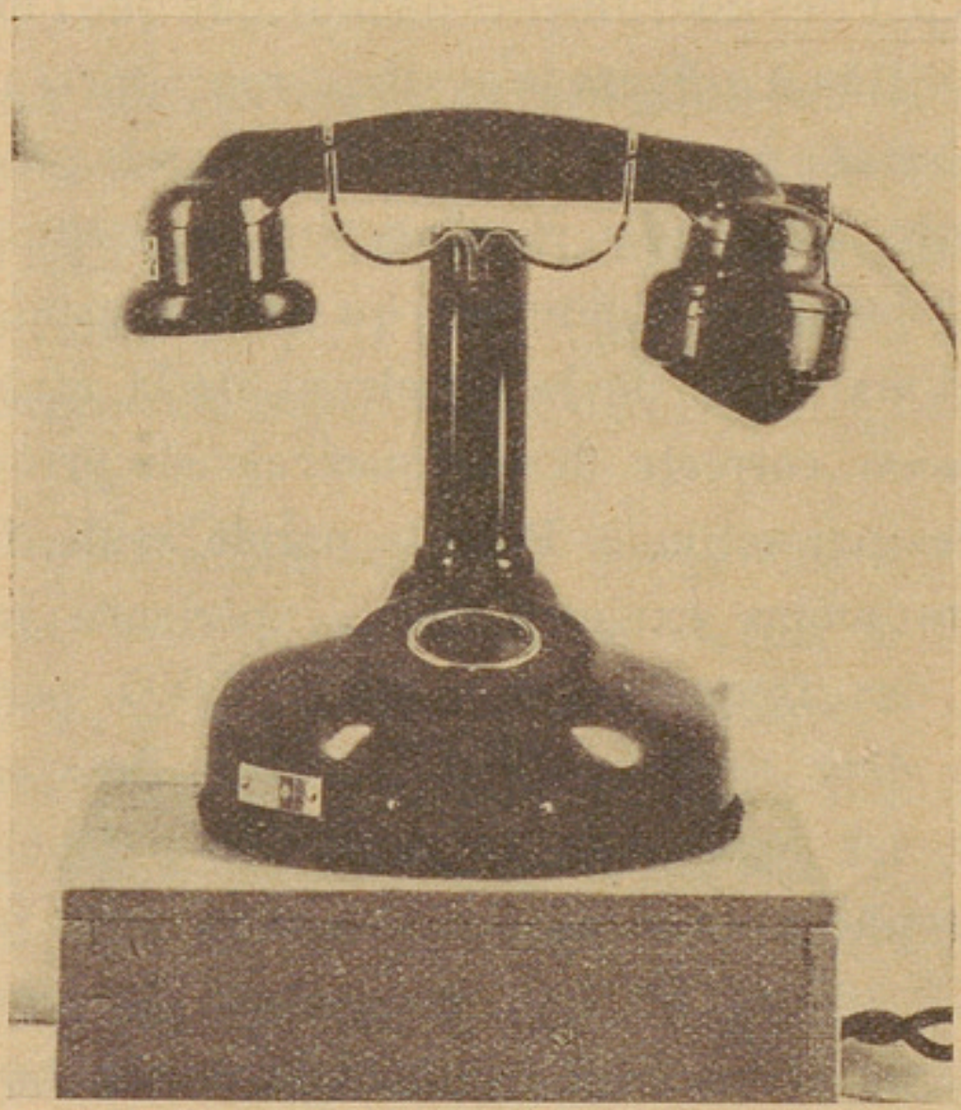


Fig. 5-a. — Combiné français (type de 1924).

ce dernier un microtéléphone que l'on désigne sous le nom de *combiné* (fig. 5-a, 5-b, 5-c, 5-d). Laissant de côté la question des postes, nous voudrions rappeler comment il semble possible de décomposer l'étude du microphone proprement dit en ses divers

éléments ; chemin faisant, nous pourrons préciser, à cet égard, quelques-unes des recommandations du Comité consultatif inter-

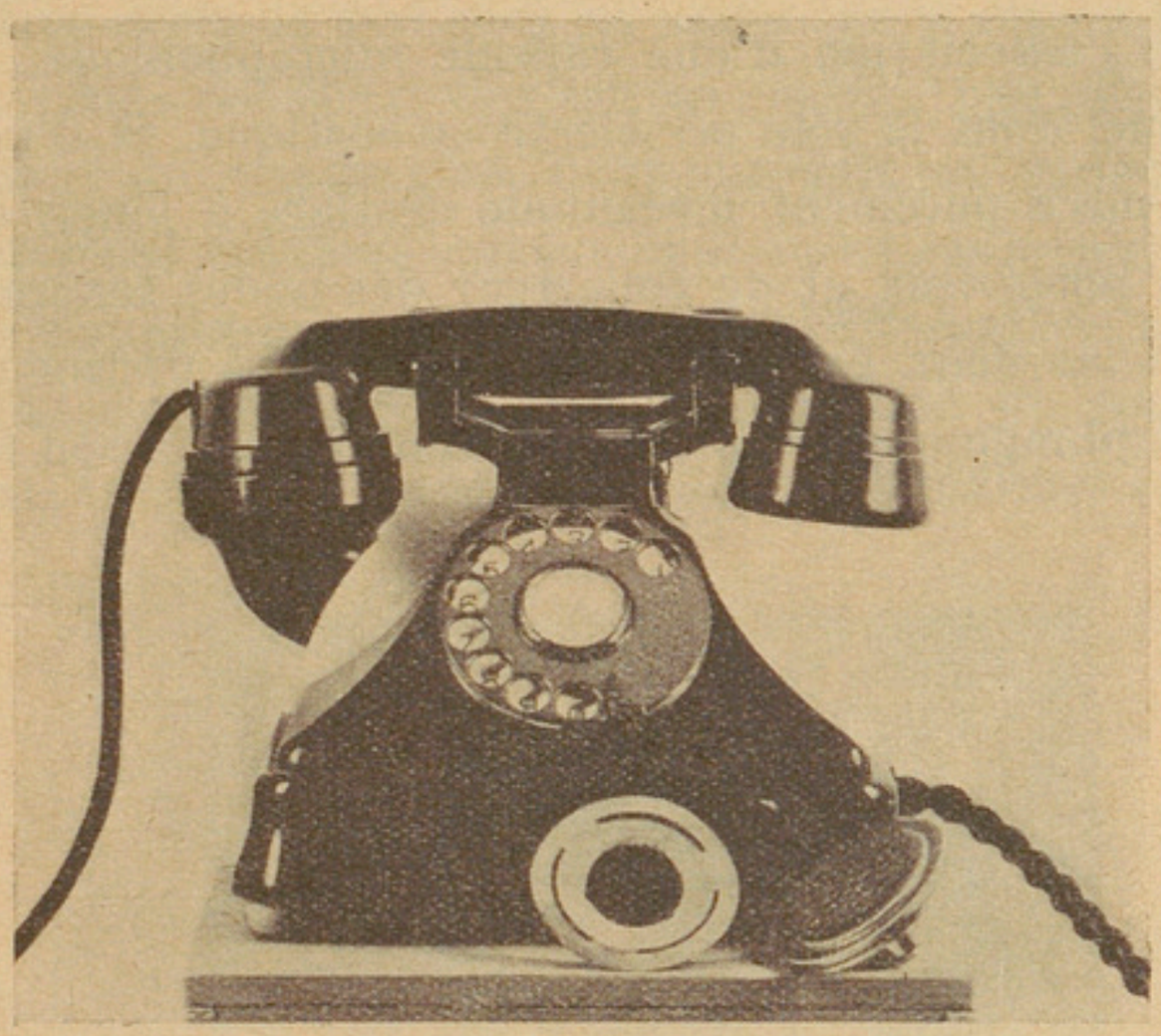


Fig. 5-b. — Combiné anglais (type Néophone).

Fig. 5-c. — Combiné allemand.

national pour les communications téléphoniques à grande distance, en matière de réception des appareils d'abonnés.

Comme on le sait, à l'heure actuelle, l'ensemble microphonique résulte de l'association d'une capsule microphonique, facilement remplaçable, dont le rôle est électro-acoustique, et d'une embouchure ou pièce purement mécanique destinée à jouer, en somme, le rôle de porte-voix et de collecteur des ondes sonores. Dans la capsule même deux éléments essentiels sont à distinguer : d'une part le diaphragme et les pièces qui contribuent à son fonctionne-

Fig. 5-d. — Combiné américain.

ment élastique, d'autre part la partie où se produit l'effet microphonique, la boîte à grenaille ou à graphite et le graphite qu'elle renferme. Nous pouvons donc distinguer, dans l'étude du microphone, les trois constituants suivants :

a) le graphite et les électrodes ;
b) le diaphragme ;
c) l'embouchure.

a) Le graphite et les électrodes. — Le graphite est logé dans la boîte à grenaille, entre deux électrodes de forme et de

nature très diverses, consistant souvent en plaques de charbon, mais comprenant parfois des parties en laiton doré, comme c'est le cas dans certains systèmes en usage sur le réseau téléphonique français. L'une des électrodes est, en général, fixe ; l'autre, mobile, est solidaire du diaphragme, dont elle suit les variations ; le graphite interposé est donc mis conjointement en mouvement, subissant des compressions et des dépressions alternatives qui modifient sa résistance et opèrent ainsi une modulation du courant microphonique. Le phénomène est assez délicat à analyser et semble mal

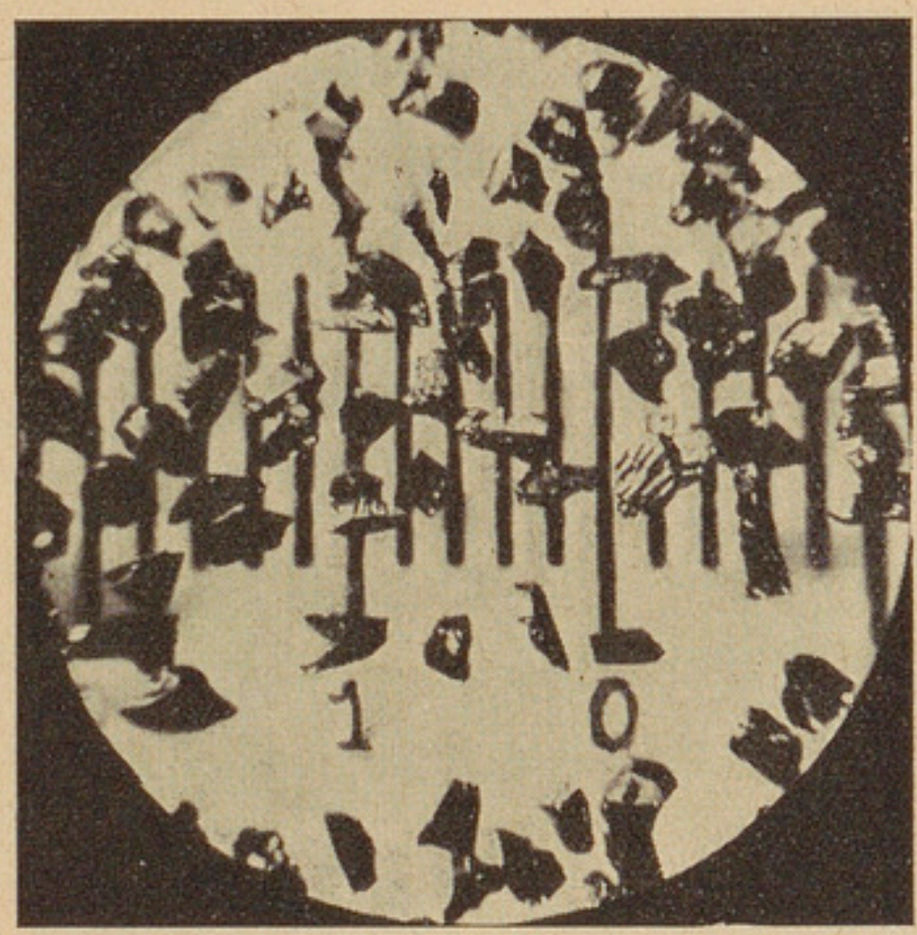


Fig. 6. — Vue microscopique de grenaille microphonique
(Les traits marqués 1 et 0 sont distants de 1 mm ; les traits intermédiaires, de 0 mm,2.)

se prêter à une mise sous forme de loi physique, systématique et simple. Toutefois, il est probable que les petites irrégularités de la surface du graphite jouent un rôle prépondérant dans la conduction du courant ; ces irrégularités forment, entre les grains individuels, des contacts variables dont le nombre et la surface sont directement influencés par les variations de pression qu'exerce le diaphragme. On constate d'ailleurs aisément qu'une augmentation de la pression, accroissant le nombre et la surface des points de contacts effectifs entre grains, entraîne une diminution de résistance. En outre, les gaz qui adhèrent toujours à la surface du graphite tendent à restreindre ce nombre et cette surface et se comportent comme une

couche élastique entre les grains. La microphotographie ci-jointe (fig. 6) donne une idée de la forme et de la grosseur de quelques grains de graphite de type usuel placés entre deux traits distants d'un millimètre, avec subdivisions distantes de 2 dixièmes de millimètre.

Toutefois la variation de résistance avec la pression, dont dépend évidemment l'efficacité du microphone, n'est pas le seul élément à considérer dans le choix et l'utilisation du graphite et des électrodes ; il y a lieu de tenir compte d'un phénomène fréquent,

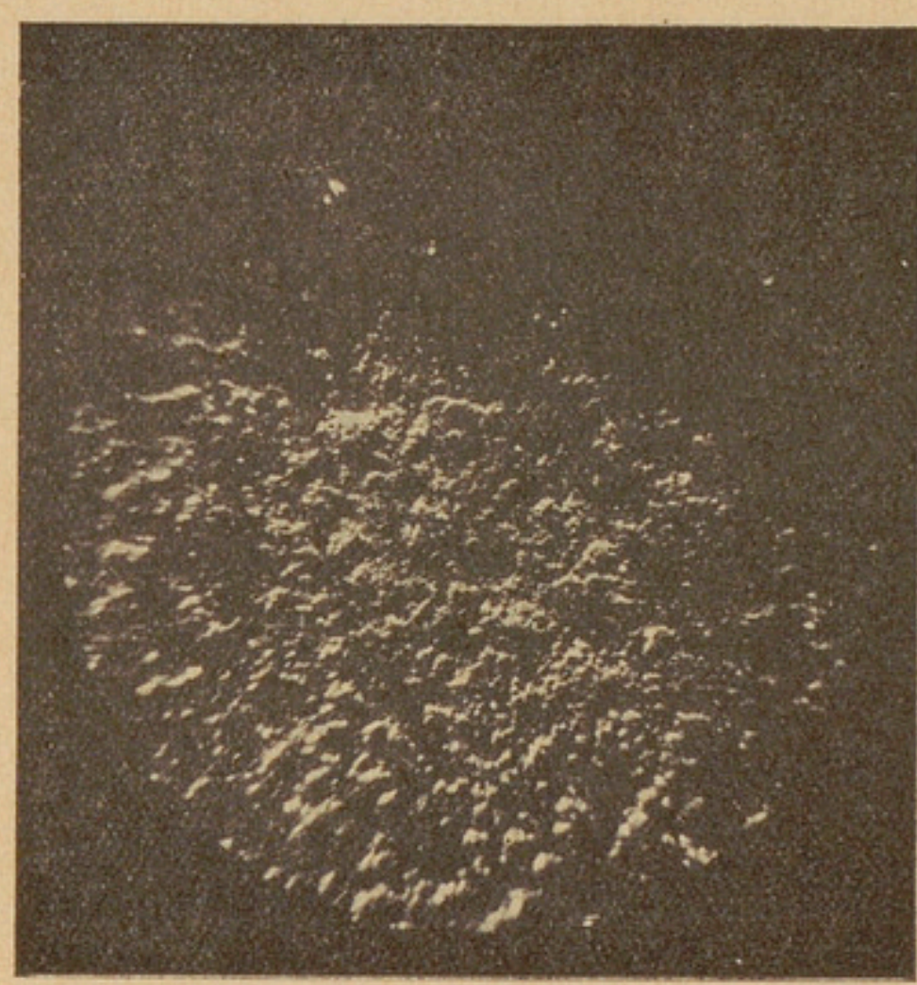


Fig. 7. — Vue microscopique d'une électrode en graphite partiellement consumée par le brûlage.

que l'on désigne communément sous le nom de *brûlage*, et d'autre part de la résistivité du graphite.

α) *Le brûlage.* — Le brûlage, qui se traduit par un souffle, parfois par un crépitement plus ou moins prononcé, semble dû aux variations de température et plus exactement à l'échauffement des points de contact entre grains de graphite ou entre le graphite et les électrodes ; ce brûlage peut même provoquer des étincelles minuscules, visibles dans une obscurité relative, et détruit progressivement le graphite, qui se trouve réduit en cendres et perd toutes ses propriétés microphoniques. D'un autre côté, les électrodes elles-mêmes

peuvent être particulièrement consumées par ces décharges électriques, et, dans le cas de charbons assez tendres, être piquées d'un grand nombre de petits trous analogues à des cratères (fig. 7) ; il en résulte une mise hors d'usage plus ou moins rapide de la boîte à grenaille. Mais bien avant que cet état ultime ne soit atteint, le brûlage est déjà une cause de bruit, qui se superpose au son microphonique utile et diminue la netteté des communications au point de les rendre parfois inintelligibles. L'intensité du brûlage dépend évidemment de l'intensité du courant qui traverse le microphone ; les oscillogrammes de la figure 8 donnent la forme de la partie

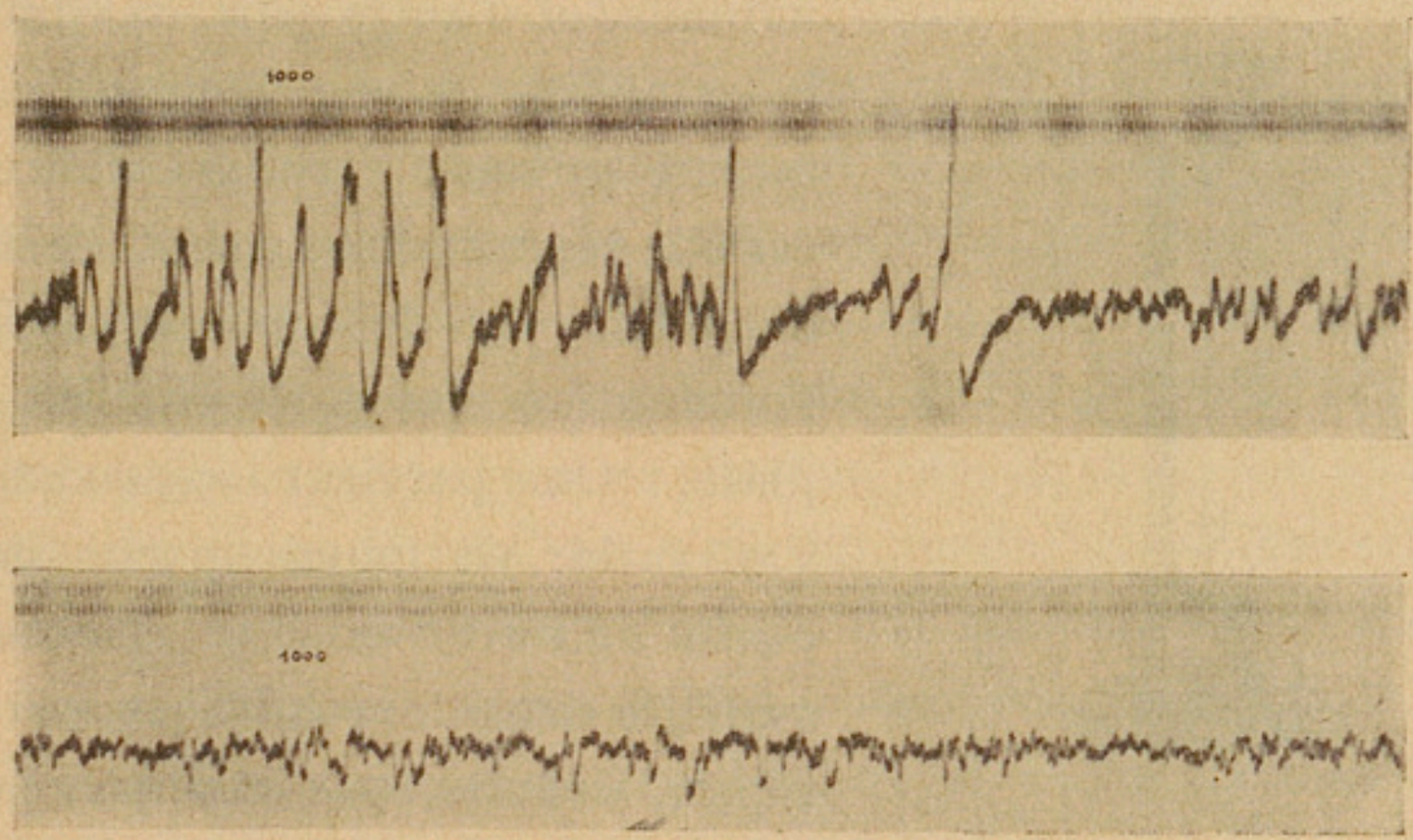


Fig. 8. — Oscillogrammes de courants correspondant à un bruit de brûlage : en haut, brulage intense ; en bas, brûlage léger.
(Les deux sinusoïdes représentent des courants de 1000 p : s.)

variable d'un courant d'alimentation microphonique modulé par le brûlage dans deux cas extrêmes : l'un de brûlage très fort, l'autre de brûlage faible.

L'évaluation quantitative du brûlage est assez délicate, car, par sa nature même, c'est un phénomène très variable, intermittent et d'intensité très irrégulière et difficilement saisissable. Le brûlage apparaît tantôt subitement avec un bruit fusant, pour disparaître dès que le diaphragme et le graphite ont été agités par des ondes sonores incidentes, tantôt comme un bruit de fond continu, un léger souffle, à peine perceptible, tantôt comme une sorte de crachement et de crépitement très intense. Il peut s'évaluer soit par des relevés

oscillographiques du type précédent, soit par la détermination de son intensité relative au dessous du seuil d'audibilité, en utilisant comme écouteur un récepteur d'un type commercial placé à l'extrémité d'une ligne d'affaiblissement réglable, de manière à conserver toujours, comme base d'appréciation, la valeur moyenne des courants de conversation.

β) *La résistivité.* — La résistivité du graphite est également utile à connaître, car elle permet d'une part de préciser à l'avance l'ordre de grandeur de la résistance d'une capsule en ordre de marche normale, et d'autre part de contrôler la stabilité d'une fourniture. Sa mesure présente certaines difficultés, car elle dépend directement de l'état d'agitation ou de compression et de l'orientation des particules de graphite. On parvient cependant à s'affranchir en grande partie de ces causes d'incertitude en plaçant le graphite dans des conditions systématiques, définies, par exemple, par la forme du récipient dans lequel s'opère la mesure et, d'autre part, par la hauteur d'où l'on fait tomber le graphite dans ce récipient. La chute du graphite s'opère par l'intermédiaire d'un tube de section connue. Le récipient, dont les parois sont argentées ou dorées et dont la forme peut être parallélipipédique ou de révolution, est coupé suivant un plan de symétrie par un isolant, de manière à permettre la formation de lignes de courant électrique déterminées entre les deux parties métalliques à travers le graphite. La figure 9 donne une vue d'un appareil de ce genre.

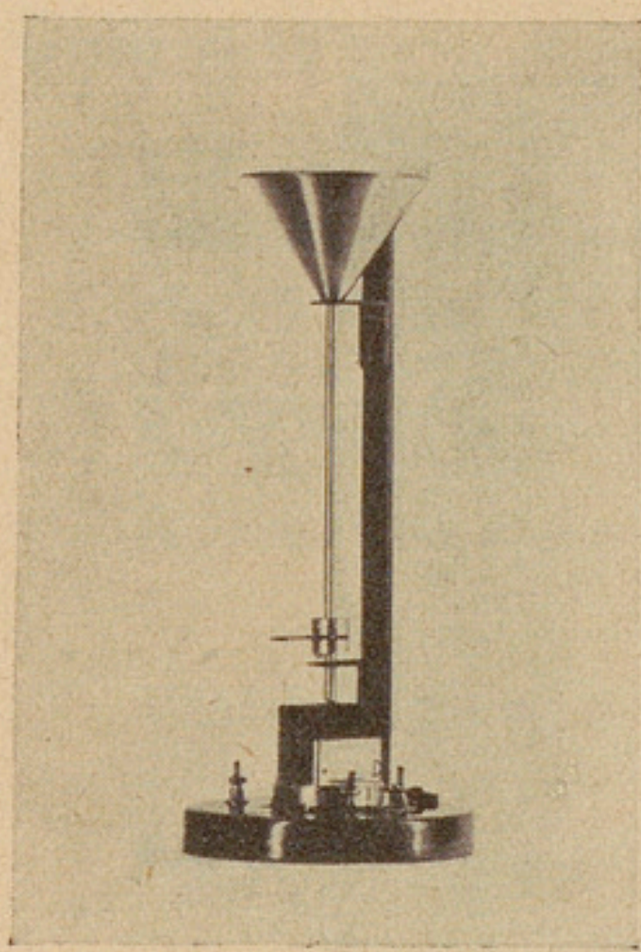


Fig. 9. — Appareil servant à mesurer la résistance d'un graphite.

Pour obtenir un graphite de propriétés physiques constantes et satisfaisant aux conditions précédentes, il est indispensable de traiter le produit brut (en réalité, de l'anthracite) par des méthodes particulières, sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir à pro-

pos des microphones de haute qualité. Ajoutons cependant dès maintenant que, pour un graphite déterminé, le mode de remplissage de la chambre microphonique influe directement sur l'efficacité de la capsule, sur sa stabilité, sa résistance et son brûlage, en raison de l'état d'agitation normale que doit pouvoir prendre le graphite et des tassements qu'il faut éviter. On obtient, en général, des conditions optima par un remplissage en volume consistant à garnir complètement, mais sans compression, la boîte à grenaille, puis à en retirer une petite quantité de graphite, soit par exemple 5/100 du volume du graphite primitivement versé.

b) Le diaphragme. — Alors que, dans les premiers appareils, le diaphragme était constitué le plus souvent par une plaque de bois dont les vibrations se communiquaient au point de contact microphonique entre le charbon et leurs supports, les diaphragmes des appareils utilisés dans ces dernières années et dont de nombreux échantillons sont encore en service, tant en France qu'à l'étranger, sont des plaques rigides, soit en charbon, soit en mica, soit en métal (aluminium ou ses dérivés, comme le duralumin), qui transmettaient on peut dire rigidement les vibrations que leur imposaient les sons excitateurs. Ces diaphragmes étaient souvent encastrés sur leur pourtour, mais parfois aussi susceptibles de mouvements d'ensemble perpendiculaires à leur plan. Il en résultait, pour le système vibrant, des pointes de résonance marquées particulièrement dans la bande des fréquences les plus utiles en téléphonie et tout spécialement au voisinage de la fréquence de 1000 p : s, d'où une formation importante des ondes acoustiques, mais jusqu'à un certain point une amélioration de l'efficacité de la transmission, en raison de la concordance entre les courbes d'efficacité des microphones et des récepteurs, ces derniers ayant également, par construction, une forte résonance mécanique aux environs de 100 p : s. Les avantages qui découlent de cette conception et qui permettaient d'abaisser le niveau d'intensité des bruits parasites par rapport à celui des courants microphoniques utiles avaient évidemment pour contrepartie une distorsion importante, c'est-à-dire une altération souvent gênante du timbre des sons, malgré la merveilleuse faculté

d'adaptation, d'accommodation et de reconstitution (on pourrait dire de divination) de l'oreille.

Aussi la technique actuelle semble-t-elle de toute part s'orienter vers la fabrication de diaphragmes extrêmement minces, en métal

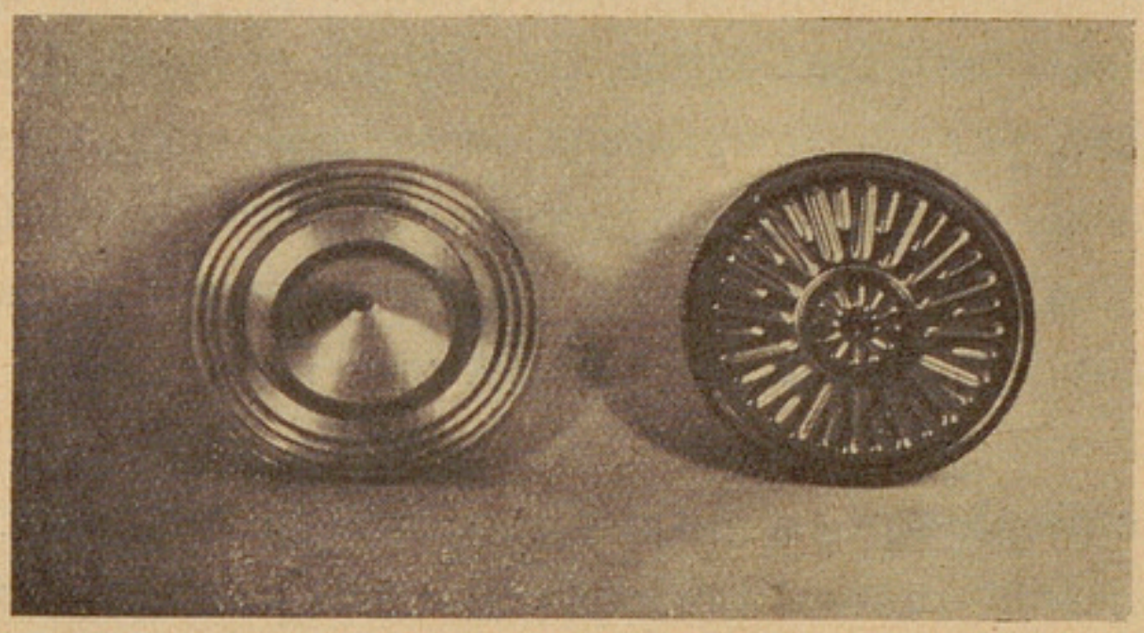


Fig. 10. — Diaphragmes ondulés

léger, par exemple en aluminium extra-pur, dont la surface ondulée et de forme plus ou moins conique confère à leur partie centrale une très grande rigidité, compensée par la souplesse et l'élasticité que leur donnent des ondulations périphériques au voisinage

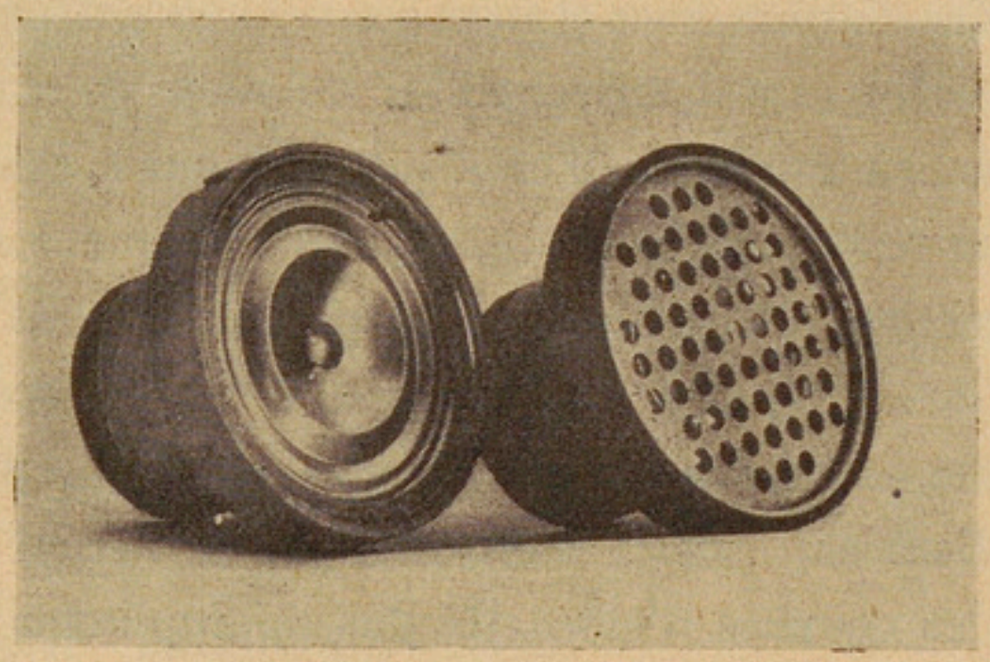
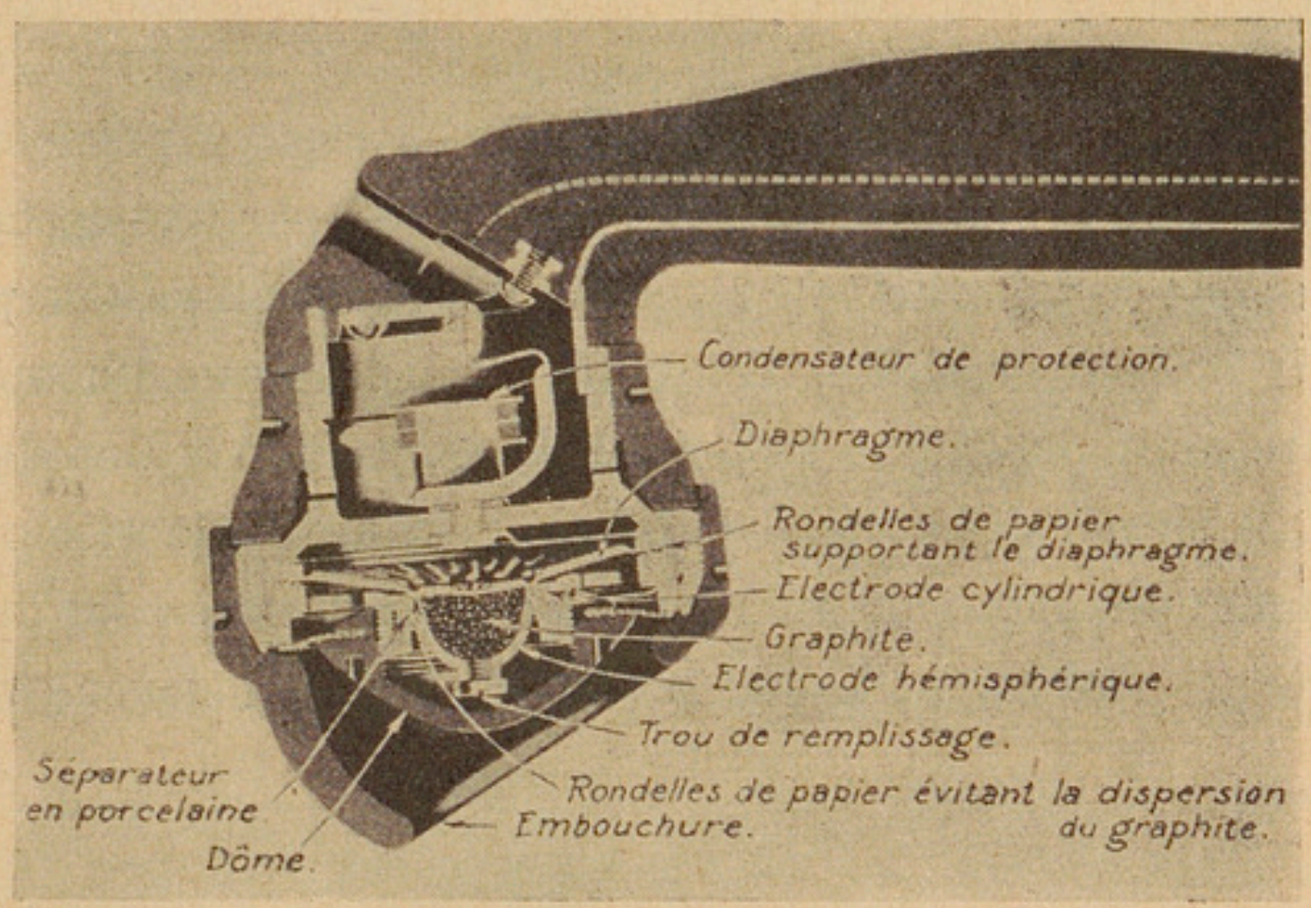


Fig. 11. — Capsule française avec diaphragme ondulé et grille protectrice.

de la surface d'encastrement. La figure 10 donne la vue de deux de ces diaphragmes : a) celui qui se trouve dans le récent combiné américain des Bell laboratories, et b) celui que l'administration française utilise dans ses capsules du dernier type et

dont l'épaisseur et le poids moyen, sont respectivement voisins de $0^{mm},07$ et de 2 décigrammes. Ces diaphragmes augmentent consi-



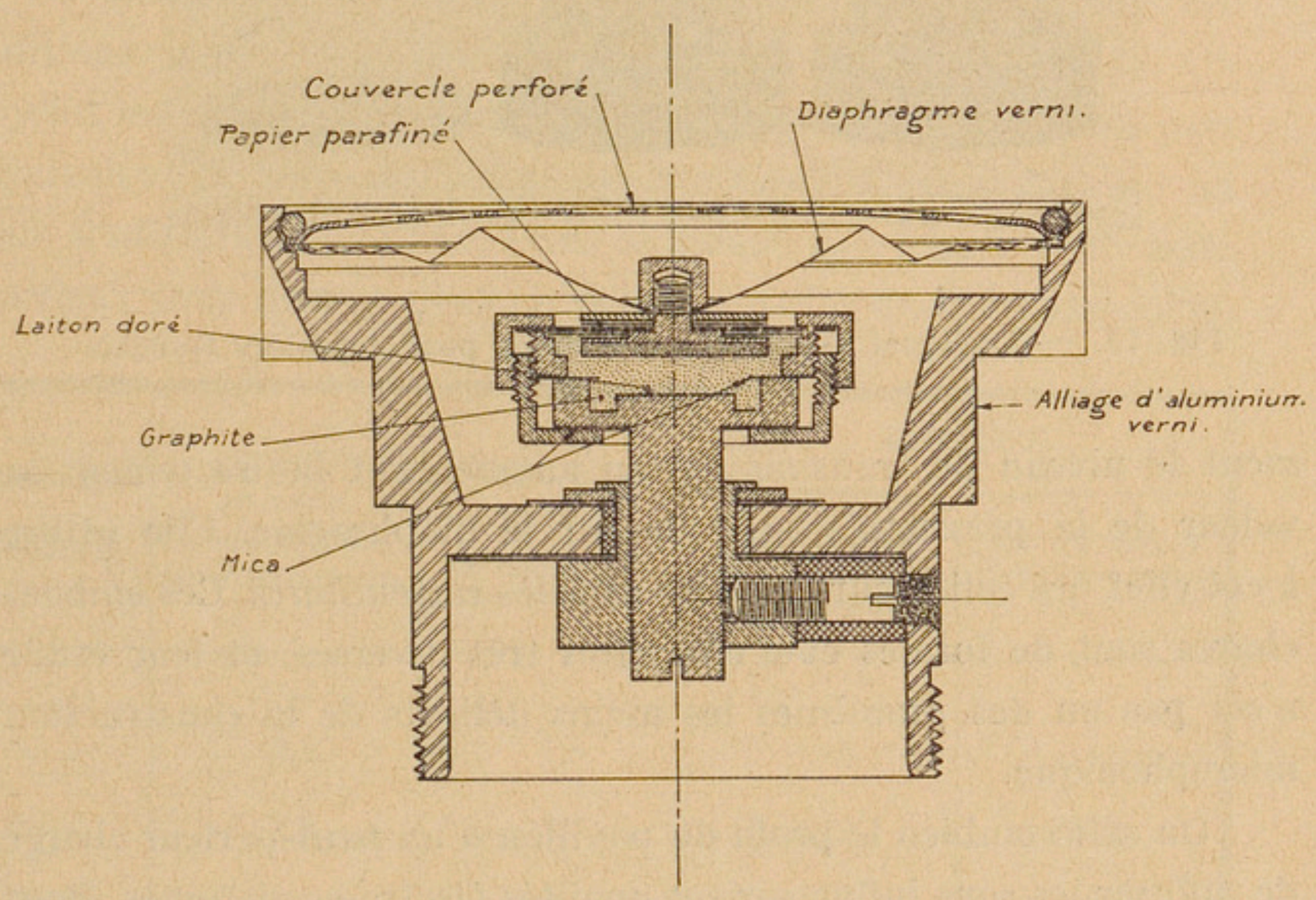
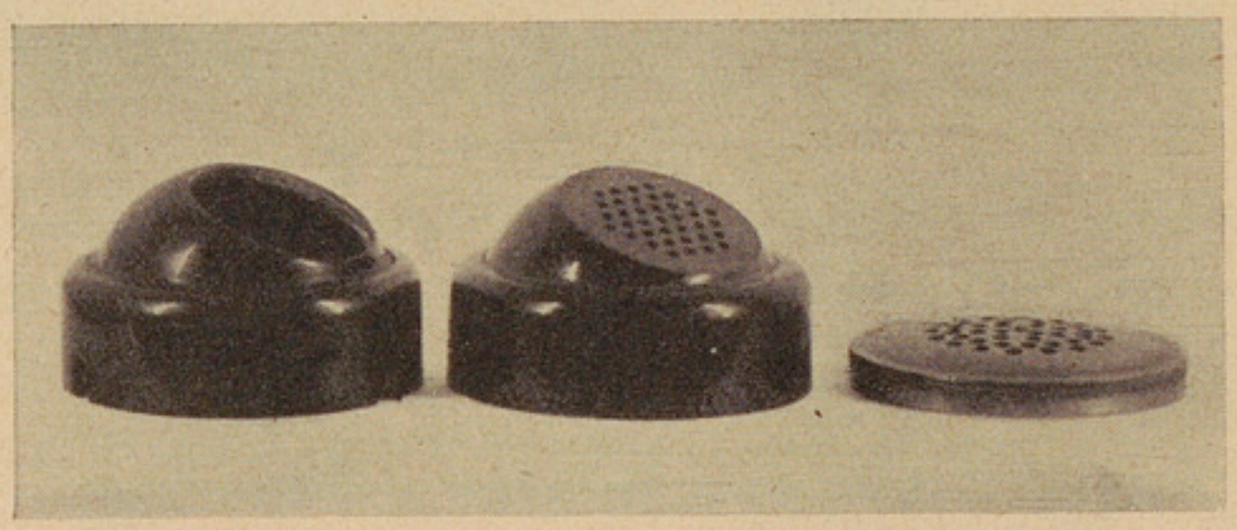


Fig. 12.
En haut : capsule américaine dans son combiné.
En bas : capsule française.

dérablement et simultanément l'efficacité et la netteté, termes qui, il y a quelques années encore, étaient considérés comme peu compa-

tibles. La figure 11 représente une capsule française munie d'un tel diaphragme avec sa grille protectrice. La figure 12 montre une coupe transversale des capsules française et américaine.

c) **L'embouchure.** — Comme nous l'avons vu précédemment, le microphone proprement dit est caractérisé par une certaine efficacité et une certaine netteté résultant des propriétés du diaphragme et de la boîte à grenaille. Toutefois, de même que l'homme peut accroître artificiellement la portée de sa voix par des dispositifs résonants ou par des systèmes directeurs d'ondes, de même la technique microphonique, disposant de microphones dont les propriétés intrinsèques sont les meilleures possible, cherche à élever artificielle-



1 2 3

Fig. 13. — Quelques types d'embouchures pour combinés français.

ment le niveau de transmission en augmentant indirectement la valeur de la pression acoustique sur le diaphragme. Elle utilise à cet effet des collecteurs d'ondes appelés *embouchures*. Ces embouchures sont de formes et d'efficacités très diverses, et leur étude n'est pas un des problèmes les moins délicats de la construction microphonique.

On sait combien le profil du pavillon d'un haut-parleur chargé de diffuser les sons influe sur ses qualités électro-acoustiques. Pour le microphone, le problème est symétrique, et la forme de l'embouchure doit être étudiée spécialement, afin d'avoir un effet amplificateur aussi uniforme que possible et ne pas compromettre par des résonances excessives, l'accroissement d'efficacité qu'ils permettent de réaliser.

Comparons, à cet égard, les trois types d'embouchures 1, 2 et 3 de la figure 13. L'une, n° 3, plate et sans effet collecteur appréciable, comme aussi sans chambre de résonance, est très peu efficace. Les deux autres, au contraire, sont plus saillantes : l'embouchure n° 2 possède une chambre de résonance close par une plaque percée de trous étroits ; l'embouchure n° 1, en forme de cornet est largement en communication avec l'air extérieur. Prenons comme base la tension alternative aux bornes de la capsule munie de l'embouchure n° 3 et placée dans un champ acoustique constant. Nous pourrons classer les diverses embouchures par les valeurs en volts ou les valeurs relatives, en unités logarithmiques (décinépers, par exemple), des diverses tensions correspondant à une capsule introduite dans le même champ acoustique, mais munie successivement des embouchures comparées.

Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus dans ces conditions, en utilisant les trois embouchures de la figure 13. On y a joint les valeurs de netteté correspondantes, relevées d'une part à équivalent de transmission global identique, d'autre part sur un circuit d'affaiblissement fixe. Dans ce dernier cas, le gain d'efficacité intervient pour relever quelque peu la qualité de la transmission.

EMBOUCHURES.	TENSION en volts, aux bornes du microphone.	EFFICACITÉ relative en décinépers.	NETTETÉ	
			à équivalent de transmission global identique.	sur un circuit d'affaiblissement fixe.
N° 1	2,1	7,5	0,82	0,80
N° 2	2,2	8	0,73	0,73
N° 3	1	0	0,83	0,75

Ces résultats montrent que, malgré le gain d'efficacité qu'elle procure, l'embouchure n° 2 ne modifie pas la netteté ; c'est-à-dire qn'en général la qualité commerciale d'une liaison téléphonique

ayant un équivalent de transmission (ou un affaiblissement) peu important et dépourvue de bruits parasites ne sera pratiquement pas améliorée par la substitution de l'embouchure n° 2 à l'embouchure n° 3.

Dans le cas de communications très longues et à grand affaiblissement, l'embouchure n° 2 retrouverait sa supériorité, en permettant, en particulier, d'élever le niveau d'intensité des courants microphoniques au dessus du niveau d'intensité des courants perturbateurs. L'embouchure n° 1, au contraire, a une action plus

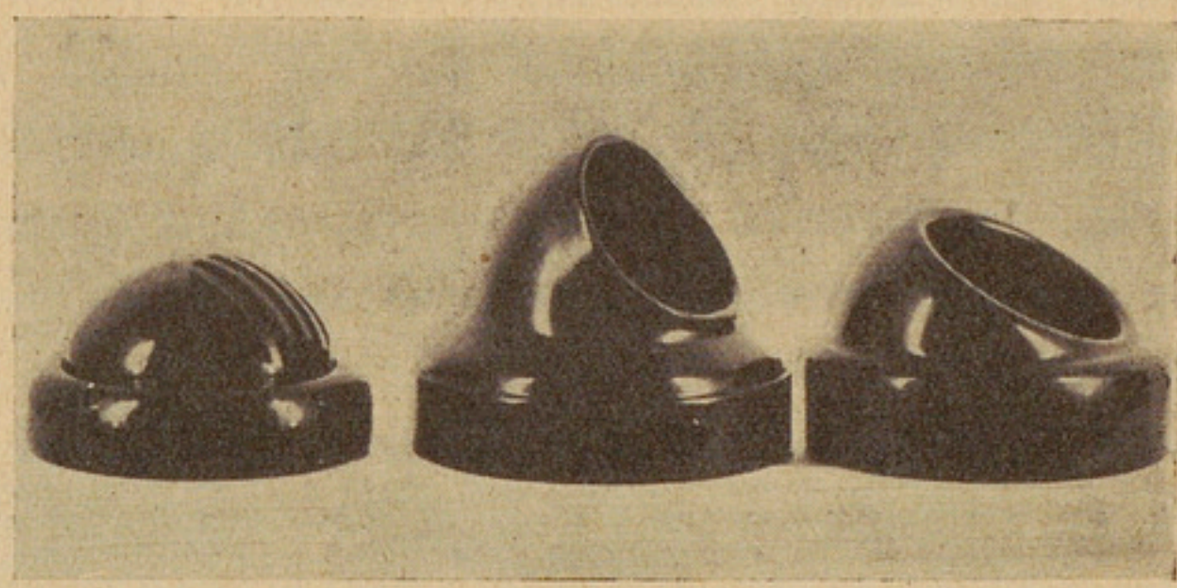


Fig. 14.

1	2	3
Embouchure du combiné allemand (type Siemens et Halske).	Embouchure du combiné anglais (type Néophone).	Embouchure du combiné américain (type Western Electric).

uniforme pour les différentes fréquences et améliore simultanément l'efficacité et la netteté.

La figure 14 donne une idée de quelques conceptions étrangères à cet égard et présente, à titre d'exemple, trois modèles d'embouchures, utilisées respectivement en Allemagne, en Angleterre et en Amérique.

Quelques données numériques relatives aux conditions de fonctionnement des microphones. — Sans entrer davantage dans le détail d'une étude un peu aride, qui pourrait nous conduire dans un domaine trop particulier et trop spécifiquement technique, nous indiquerons seulement qu'il est possible, par des mesures relativement simples, de surveiller avec une précision suffisante la qualité des microphones et leur aptitude à l'échange de

communications d'un caractère commercial. Une telle vérification s'exécute par comparaison auditive du microphone étudié, normalement alimenté, avec un système microphonique étalon, au moyen d'un même récepteur, successivement relié à chacun d'eux. Un premier opérateur énonce, alternativement devant le microphone en essai et devant le microphone étalon, une même séquence de sons (en France et au système fondamental européen de références pour la transmission téléphonique, on utilise à cet effet la phrase conventionnelle. « Paris Bordeaux le Mans Saint Leu Léon Loudun, » qui contient une proportion convenable de sons représentatifs de la langue française). Un deuxième opérateur compare avec un récepteur spécial les sons qu'il perçoit au cours des deux écoutes successives ; puis il affaiblit, au moyen d'une ligne artificielle, ceux qui lui paraissent les plus intenses, jusqu'à ce qu'il obtienne l'égalité de ces impressions sonores ; le nombre d'unités logarithmiques de transmission (décinépers ou décibels) lu sur la ligne d'équilibre quand ce résultat est atteint définit l'efficacité relative, ou équivalent de transmission, d'un système microphonique par rapport à l'autre. Ces mesures sont l'objet de laboratoires spéciaux, dits *laboratoires de téléphonométrie*, qui, depuis un quart de siècle, ont été créés et développés dans les principaux services techniques d'Europe ou d'Amérique. Leurs doctrines scientifiques et leurs méthodes de mesures ont été récemment normalisées par la création en 1928, sous les auspices du Comité consultatif international de téléphonie, d'un laboratoire international installé dans des locaux gracieusement mis à sa disposition par le Conservatoire national des arts et métiers et où se trouve le Système fondamental européen de référence pour la transmission téléphonique.

Grâce à ce système, qui est défini par une courbe d'efficacité absolue en volts par barye en fonction de la fréquence, courbe d'ailleurs à peu près horizontale, il a été possible de spécifier les quatre éléments principaux dont la considération est fondamentale pour les effets de microphones :

a) La valeur moyenne de l'efficacité absolue du système émetteur de référence ;

b) le nombre maximum d'unités logarithmiques de transmission (népers ou décibels) dont un microphone d'abonné, normalement alimenté en courant continu par le bureau central téléphonique, doit être inférieur au système émetteur de référence, et équivalent de référence maximum admissible ;

c) la distance du microphone à laquelle on doit placer les lèvres, et la position dans laquelle le microphone doit être tenu au cours de ces essais téléphonométriques : cette distance et cette position qui correspondent à des valeurs moyennes relevées sur un grand nombre de personnes, sont dites respectivement distance et position normales de conversation ;

d) la puissance vocale avec laquelle doivent parler les expérimentateurs ; cette puissance vocale, dite *normale*, doit également représenter une valeur moyenne ; son niveau a une certaine importance, puisqu'en raison de la distorsion non-linéaire du graphite, dont les variations de résistance ne suivent pas avec la même fidélité et dans un rapport constant les petites et les grandes variations de pression, l'efficacité propre du microphone dépend quelque peu de la valeur absolue de la pression agissant sur le diagramme.

Des nombres déterminés ont été adoptés pour préciser ces diverses quantités et donner aux spécifications et aux mesures des valeurs moyennes déduites de nombreux relevés expérimentaux ; ce sont les suivantes :

1. Efficacité absolue du système émetteur du S.F.E.R.T. :

25,6 mV : barye ;

2. Equivalent de référence moyen d'un poste téléphonique et de son système d'alimentation constitué par une batterie d'accumulateurs d'une force électromotrice de 24 volts à travers une ligne de 300 ohms et un transformateur de rapport 1 : 1 dont le secondaire est fermé sur 600 ohms :

7 à 8 décinépers,

ce qui représente approximativement, pour le courant de conversation, une tension redressée moyenne de $0^{v},3$ à la sortie du poste d'abonné ;

3. Position normale de conversation : cette position est com-

mandée par les dimensions moyennes de la figure et peut être définie par trois dimensions :

α, distance entre le milieu de la bouche et l'extrémité du conduit auriculaire,

β, largeur moyenne de la tête, mesurée entre les deux oreilles,

γ, direction de conversation ou intersection du plan passant par l'axe des conduits auditifs et le milieu des lèvres et du plan tangent au pavillon de l'oreille ;

les nombres moyens correspondants conduisent approximativement à placer le cercle de garde, dont le centre coïncide avec le milieu des lèvres, à 14 centimètres du centre du récepteur et, dans le cas de l'appareil français à orienter le combiné de manière à ce que son plan de symétrie fasse, avec le plan horizontal, un angle voisin de 60° et que le plan du diaphragme microphonique soit incliné de 22° sur la verticale ;

4. Pression sur le diaphragme du microphone à condensateur du S.F.E.R.T. pour la puissance vocale normale : 16 baryes, ce qui équivaut à une intensité sonore d'environ 10 microwatts : cm².

Caractéristiques secondaires du microphone. — Sans vouloir entrer dans le détail de toutes les mesures téléphonométriques ni examiner les influences nombreuses qui agissent sur l'efficacité des microphones, il est possible cependant de rappeler l'importance du système d'alimentation et d'indiquer que, pour fonctionner normalement, les appareils que nous utilisons en France doivent être traversés par un courant d'alimentation dont l'intensité soit comprise entre 50 et 100 milliampères.

Nous voudrions également parler ici de deux effets secondaires dont on doit tenir compte dans l'étude et la construction de capsules microphoniques, à savoir : la résistance à l'humidité et la constance de fonctionnement dans le temps.

L'humidité. — L'humidité, qui provient soit de l'atmosphère ambiante, soit des condensations qui se produisent au cours des conversations téléphoniques, agit de deux façons :

a) Elle pénètre d'abord dans l'intérieur des capsules qui ne sont pas suffisamment closes et enrobe les grains de graphite, qui se coa-

gulent et perdent toute action microphonique. L'efficacité du microphone baisse progressivement, suivant une courbe assez régulière qui dépend du degré hygrométrique de l'atmosphère, puis finit par tomber à zéro : le graphite est alors complètement imprégné d'eau et la résistance de la capsule est souvent très voisine de zéro. Quand l'effet de l'humidité n'a pas été trop accentué, on parvient à rendre aux capsules leur qualité primitive en les plaçant dans une atmosphère desséchante et à une température de quelques dizaines de degrés. Il semble cependant qu'il y ait des cas où ce simple traitement soit à lui seul insuffisant et où il y ait une véritable altération des propriétés du graphite.

b) Elle produit une attaque chimique, une corrosion des diverses substances métalliques constituant les capsules. L'aluminium, que l'on utilise fréquemment pour leur fabrication, est particulièrement sensible à l'action de l'eau qui se condense sur le microphone au cours de la conversation ; alors qu'à l'état d'extrême pureté il est pratiquement incorrodable, ce qui est le cas de quelques-uns des diaphragmes ondulés extra-minces dont il a été parlé précédemment, l'aluminium du commerce, toujours chargé en impuretés qui facilitent les opérations de fonte et de moulage, est relativement susceptible aux attaques chimiques et notamment à l'action de l'humidité. Aussi est-il arrivé que des diaphragmes de systèmes anciens se rongent presque complètement et que des boîtiers en aluminium ou duralumin fondu s'oxydent et se recouvrent d'efflorescences blanchâtres finissant par mettre les appareils hors d'usage. Le processus de cette attaque, relativement lente dans les conditions normales de l'exploitation, peut être expérimentalement reproduit dans un temps assez court en rendant l'eau particulièrement corrosive par sa transformation en vapeur saturée humide à la température de 30 ou 40°. Ces conditions artificielles, jointes parfois à quelques attaques chimiques acides ou basiques, permettent d'expérimenter commodément les différents matériaux et la valeur des revêtements que l'on a mis en œuvre pour supprimer ou du moins pour réduire efficacement la corrosion. Ces revêtements sont soit des vernis cellulosiques, soit des dépôts de métaux peu oxydables. Le laiton nickelé, qui est assez fréquemment utilisé pour certains

types de capsules, semble, de son côté, offrir une résistance particulière aux diverses causes d'oxydation et de détérioration.

Vieillissement artificiel. — Le dernier problème dont il faut se préoccuper dans la mise au point d'un système microphonique consiste à prédéterminer, s'il est possible, la manière dont il se comportera en service normal, et, en particulier, à évaluer sa résistance aux divers agents mécaniques, physiques ou électriques auxquels il sera vraisemblablement exposé. La durée d'une telle étude, qui devrait être de plusieurs années, serait évidemment prohibitive et ne permettrait pas une expérimentation utile. Aussi s'ingénie-t-on, au laboratoire, à créer des conditions de vieillissement artificiel qui reproduisent, en quelques semaines, l'équivalent d'une vie de plusieurs années avec l'action destructrice des chocs mécaniques ou des interruptions électriques.

Les essais pratiques de ce genre complètent très heureusement l'étude théorique du microphone lui-même ; leur développement systématique, dans les divers pays où existent depuis de longues années des laboratoires de téléphonométrie, a permis de faire progresser la technique téléphonique et de mettre au point des types d'appareils qui, par leur efficacité, leur stabilité et leur netteté, semblent devoir donner satisfaction aux légitimes exigences des abonnés.

Toutefois, les qualités des nouveaux microphones, bien que suffisantes pour les communications de la pratique courante, ne sont pas telles que peuvent le désirer les acousticiens ou les musiciens, c'est-à-dire ceux qui demandent à un système reproducteur de conserver aux sons toutes leurs valeurs, leur timbre et leurs nuances malgré leur extrême diversité. Ce problème, s'il n'est point posé pour le microphone d'abonné, dont le caractère primordial doit être la simplicité, la robustesse et le peu d'encombrement, est au contraire au premier rang des préoccupations des radiotéléphonistes, qui doivent donner à leurs auditeurs des reproductions d'une parfaite pureté, non seulement pour la parole, mais aussi pour la musique.

C'est de ce second type d'appareil, de plus en plus à l'ordre du jour, que nous voudrions dire maintenant quelques mots.

IV. Les microphones de haute qualité.

Sans vouloir faire un historique ni un examen détaillé de la question, il semble néanmoins possible de distinguer trois solutions principales du problème du microphone de haute qualité, qui semblent se placer chronologiquement dans l'ordre suivant :

a) le microphone à graphite,

b) le microphone électrostatique,

c) le microphone électrodynamique.

Ces appareils diffèrent les uns des autres non seulement par leur principe même de fonctionnement, mais encore par leur montage. Toutefois, les uns comme les autres ont une très faible efficacité, qui est compensée par un système amplificateur associé. Grâce à l'amplification ainsi obtenue, le niveau de transmission peut être rendu au moins égal sinon considérablement supérieur à ceux des microphones commerciaux, et il devient loisible de leur faire moduler les ondes porteuses des postes émetteurs de radiodiffusion, qui utilisent couramment des appareils de cette espèce. Leur souplesse et leur constance en font de précieux instruments d'investigation, soit pour l'acoustique physiologique, soit pour l'acoustique des salles et l'étude générale des sons et des bruits. Nous rappellerons brièvement le principe de quelques-uns d'entre eux.

a) Le microphone à graphite. — Le microphone à graphite, d'un type relativement ancien, a déjà été utilisé pendant la guerre pour le repérage des aéroplanes par les méthodes acoustiques bien connues. Ses caractéristiques très intéressantes conduisirent les Américains à en généraliser l'emploi pour les premières démonstrations de radiodiffusion et en particulier pour celles du « Public adress system » lors du message inaugural du président Harding à Arlington, le 11 novembre 1921. Quelques perfectionnements lui furent néanmoins apportés depuis, pour améliorer ses caractéristiques de transmission. Ce microphone, que l'on trouve encore parfois en service, notamment dans le cinéma parlant, possède un diaphragme en duralumin, épais de 0,0017 pouce (ou $0^{mm},0043$), très fortement tendu entre deux blocs métalliques (fig. 15). Ses

bords sont rigidement encastrés ; sa tension est réglée au moyen de deux anneaux, venant appuyer sur lui avec une pression réglable dans deux directions opposées.

Le premier de ces anneaux, placé tout près de la périphérie, est commandé par six vis, équidistantes les unes des autres, que l'on règle de manière à supprimer les résonances et les irrégularités du diaphragme. Le deuxième anneau, concentrique au premier, agit, au contraire, plus près du centre : il est ajusté de manière à donner au diaphragme une fréquence de résonance voisine de 5.700 périodes par seconde. Toutefois, en pratique, une plaque creusée d'un sillon circulaire est placée à une distance de $0^{mm},025$ de la première

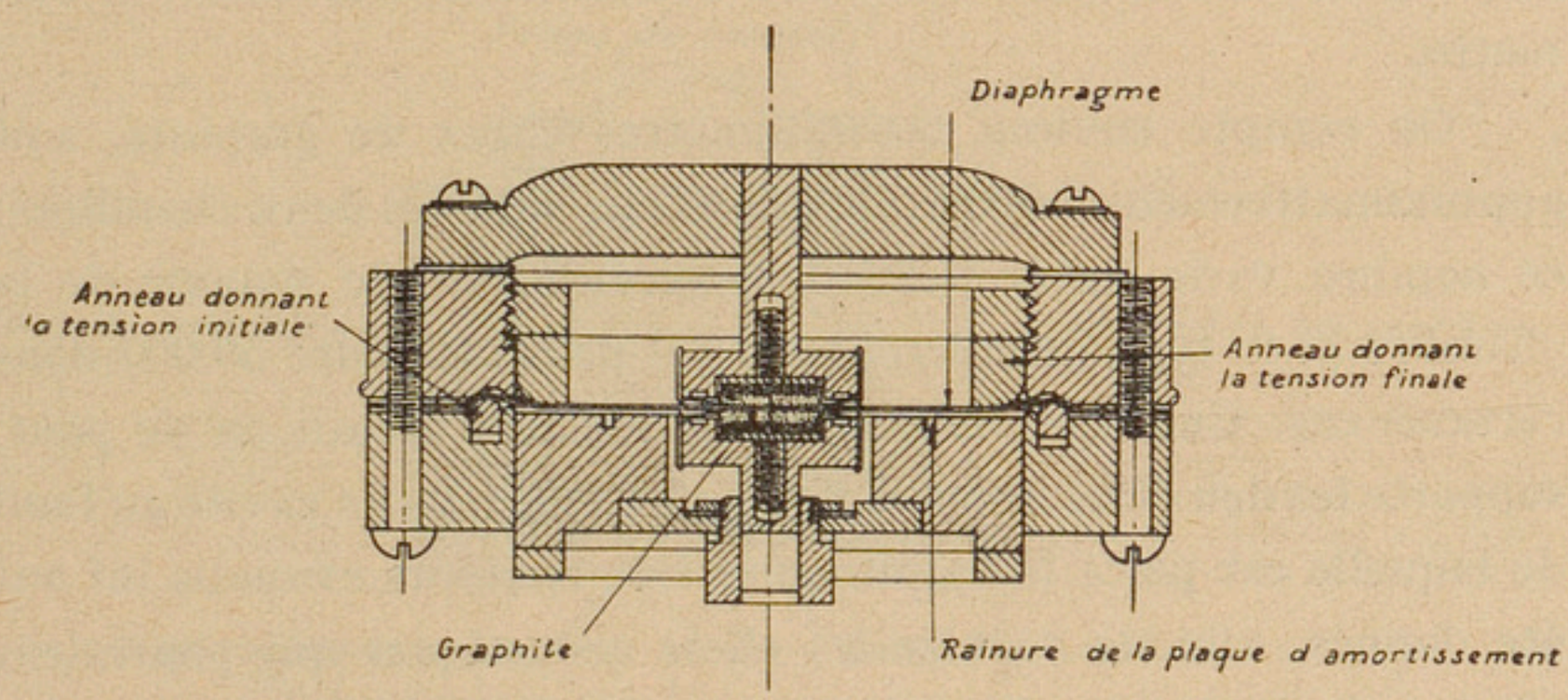


Fig. 15. — Microphone à graphite.

pour donner à l'ensemble l'amortissement voulu. La boîte à grenaille proprement dite est double et disposée symétriquement de part et d'autre du diaphragme, ce qui régularise le fonctionnement du microphone. La liaison des deux chambres microphoniques n'étant pas rigide, il est nécessaire d'assurer une bonne fermeture qui empêche les fuites de graphite sans modifier les caractéristiques mécaniques du système. On a disposé à cet effet, dans l'intervalle, vingt-sept anneaux de papier, épais de $0^{mm},021$, soudés ensemble du côté de la circonférence extérieure qui les limite, et s'écartant

1. Les renseignements donnés sur ces microphones sont extraits d'un article de W. C. Jone paru dans le *Bell system journal* de janvier 1931 et intitulé : *Condenser and carbon microphones : their construction and use.*

au contraire les uns des autres du côté de leur contour intérieur, de manière à réaliser une liaison très souple.

Ajoutons que le « graphite » est fait, en réalité, d'anthracite, d'abord soumis à une cuisson dans des conditions de température rigoureusement réglées qui permettent d'obtenir un produit de propriétés électriques définies. Il est ensuite traité par l'acide fluorhydrique et l'acide chlorhydrique, qui réduisent sa teneur en cendre ; il est enfin placé dans un champ magnétique, qui extrait les particules renfermant une proportion excessive de substances magnétiques. Pour assurer aux grains une certaine régularité de taille, on les trie par un passage successif dans deux tamis filtrants, ayant respectivement des trous de 3 et 4 dixièmes de millimètre de diamètre.

On compte environ 60 millimètres cubes de graphite, soit approximativement 3.000 grains, dans chacune des deux chambres ; ce nombre varie naturellement beaucoup avec le volume de la chambre et le type du microphone : il peut atteindre 50.000 dans certains cas. Une tige diamétrale, en forme d'arceau ou de pont, supporte les deux chambres et ferme partiellement la cavité au fond de laquelle est placé le diaphragme. Des contours arrondis lui ont été donnés, afin de réduire les effets acoustiques qui pourraient résulter de cette disposition. La stabilité et l'uniformité de fonctionnement de ce microphone sont excellentes pour des fréquences comprises entre 70 et 10.000 p : s.

Quelques précautions doivent être prises pour éviter le tassement ou l'effet de cohésion des particules de graphite, qui se produit dans diverses conditions et notamment sous l'effet de l'interruption du courant continu microphonique. M. Jones indique qu'on utilise parfois à cette fin un filtre constitué par deux condensateurs de $0^{\mu H},2$ et par trois inductances de $1^{mH},4$, placés sur le bâti même du microphone (un condensateur de ce genre est également disposé dans le nouvel appareil microtéléphonique américain et fixé sur le revers du boîtier même de la capsule). Notons d'ailleurs que l'effet de cohésion se produit aussi quand le microphone a été soumis, accidentellement ou non, à des différences de potentiel excessives (dépassant, par exemple, $1^{V},5$ par contact) ; son effi-

cacité baisse notamment, et il n'est pas rare qu'un microphone parcouru pendant quelque temps par un courant trop intense perde d'une façon définitive une partie de son efficacité et de ses propriétés microphoniques.

Un des avantages que présente l'emploi du microphone à charbon est sa sensibilité relativement élevée. Cet avantage est, par contre, limité par le bruit de fond inhérent au graphite lui-même et qui est supérieur au bruit dû à l'agitation thermique à l'intérieur même des granules. Il semble en relation avec l'échauffement des points de contact entre les granules et la dilatation ou l'expulsion des molécules gazeuses toujours contenues dans les

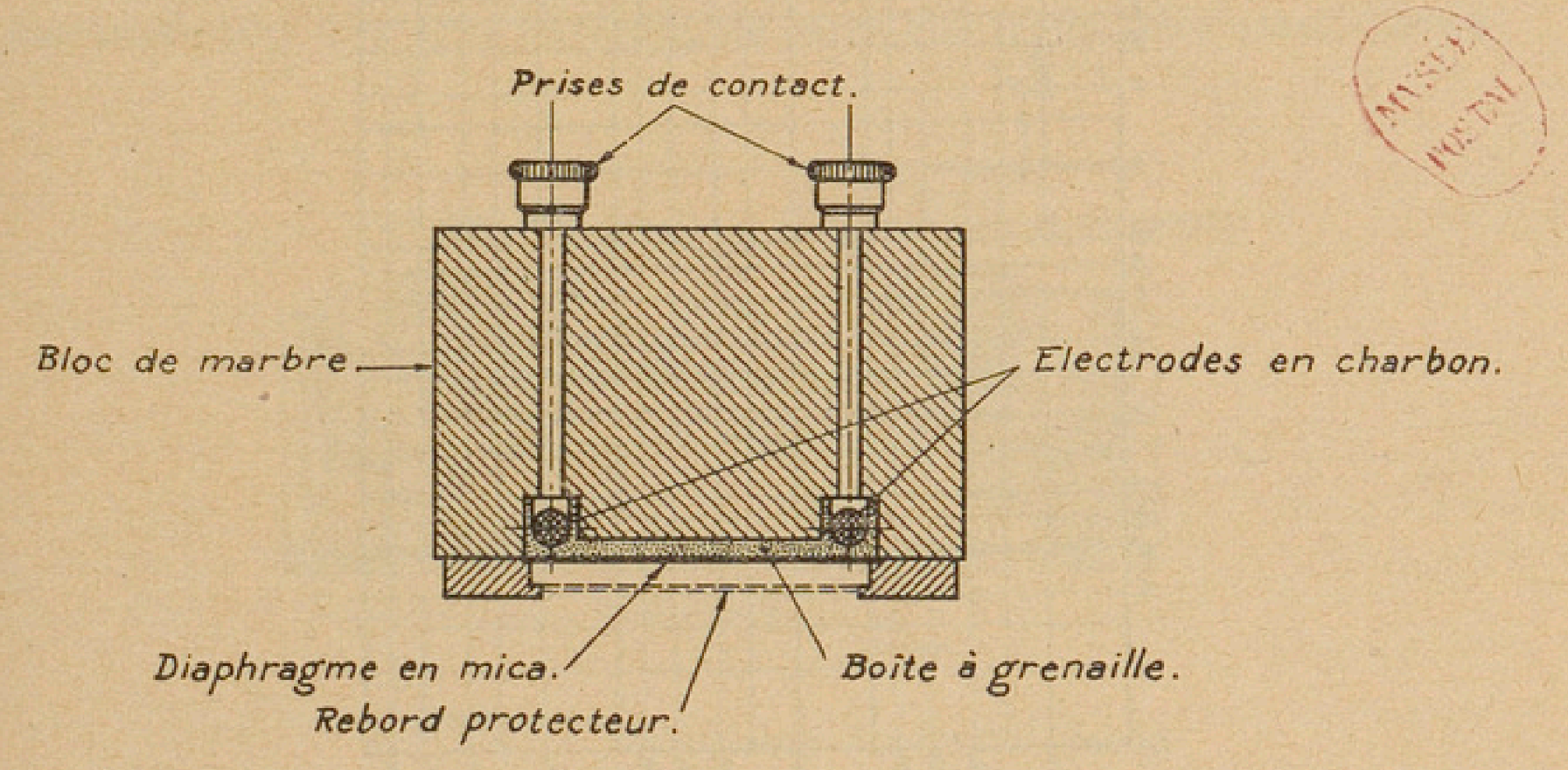


Fig. 16. — Microphone de Reisz.

pores du graphite. Il est parfois accompagné d'un certain souffle imputable à une dilatation irrégulière de la masse du graphite et se traduisant par des fluctuations lentes de l'efficacité.

Pour ces diverses raisons, dont on ne peut corriger entièrement les effets, on s'oriente de plus en plus, actuellement, vers l'utilisation des microphones à condensateur et des microphones électrodynamiques.

Le microphone de Reisz. — Cependant, avant d'étudier ces derniers, nous ne pouvons passer sous silence une autre et fort intéressante variété de microphone à charbon, dont on trouve encore de nombreux exemplaires en service : le microphone de Reisz. Ce microphone (fig. 16), qui a été expérimenté en Allemagne, est essentielle-

ment constitué par une boîte à grenaille allongée, profonde de 1 à 2 millimètres, et aménagée dans un bloc massif de marbre destiné à atténuer les petits ébranlements du microphone. La boîte est fermée par une membrane jouant le rôle de diaphragme et qui, primitivement en caoutchouc dans les anciens modèles, est aujourd'hui en mica épais de $0^{mm},04$. La chambre microphonique est remplie de graphite et traversée dans le sens de sa plus grande longueur par le courant continu d'alimentation. Alors que, dans les autres microphones en usage, les lignes de courant sont parallèles à la direction des ondes acoustiques, dans le cas du microphone de Reisz,

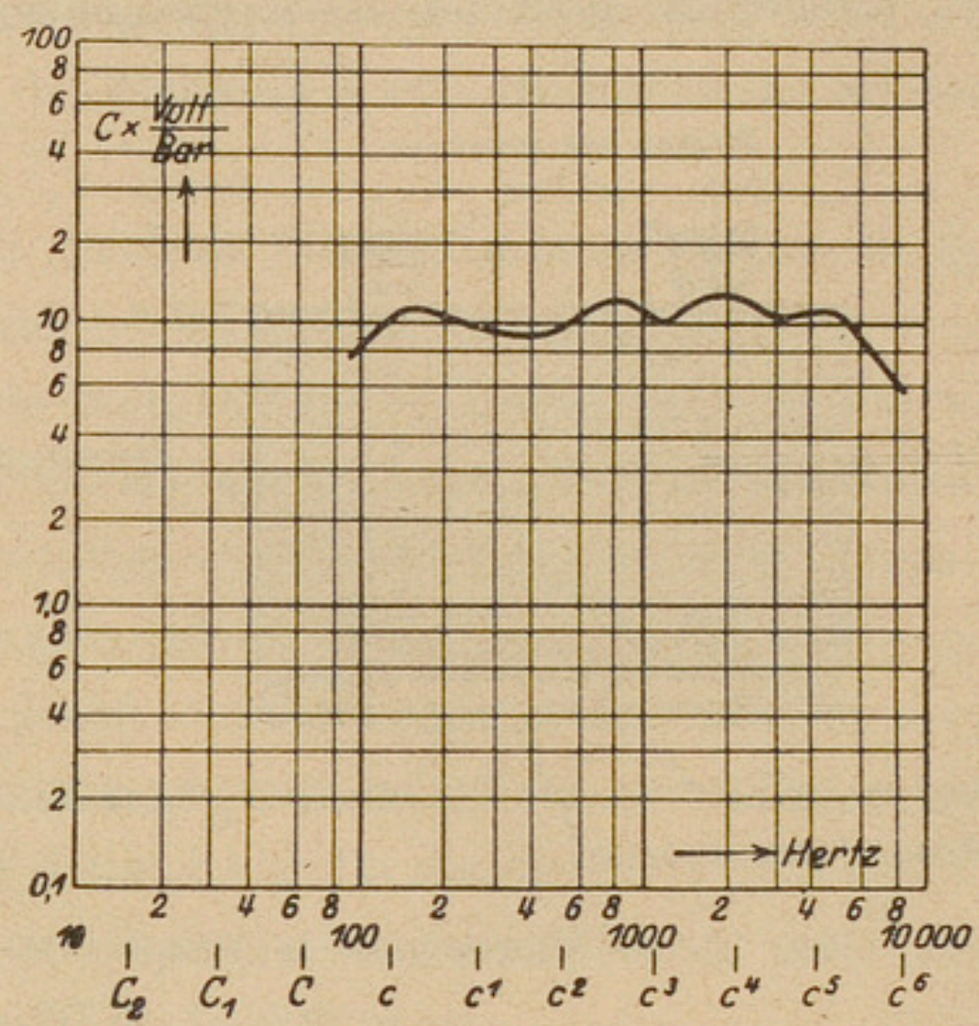


Fig. 17. — Courbe d'efficacité du microphone de Reisz.

au contraire, elles sont normales à cette direction. La courbe d'efficacité absolue en fonction de la fréquence (fig. 17) est pratiquement horizontale (à moins de 20 % près) entre les fréquences de 90 et 6.000 p : s. Elle peut être caractérisée par la valeur de l'ordonnée moyenne, qui est voisine de $0^{mV},7$ par barye (dans les conditions normales d'alimentation par une batterie ayant une force électromotrice de 12 volts). La résistance intérieure d'un tel microphone est d'environ 200 ohms ; sa netteté est excellente.

b) Les microphones électrostatiques. — Les microphones électrostatiques sont depuis longtemps connus et étudiés, puisque

dès 1881, tant dans la presse américaine (1) que dans la presse française (2), des articles en donnaient le principe et en suggéraient l'emploi. Toutefois leur faible sensibilité ne permit leur usage que lorsque les systèmes thermoioniques eurent été mis au point et eurent rendu possible une amplification considérable, stable, sans inertie et sans déformation. Il semble que Wente ait été réellement le premier à étudier systématiquement ces microphones et à en indiquer la construction, le montage et les caractéristiques. On sait qu'ils sont essentiellement constitués par une plaque ou électrode fixe, qui forme le fond du boîtier microphonique, et par un diaphragme extrêmement mince, tendu à très petite distance de la première électrode (fig. 18). Une batterie, de force électromotrice assez élevée

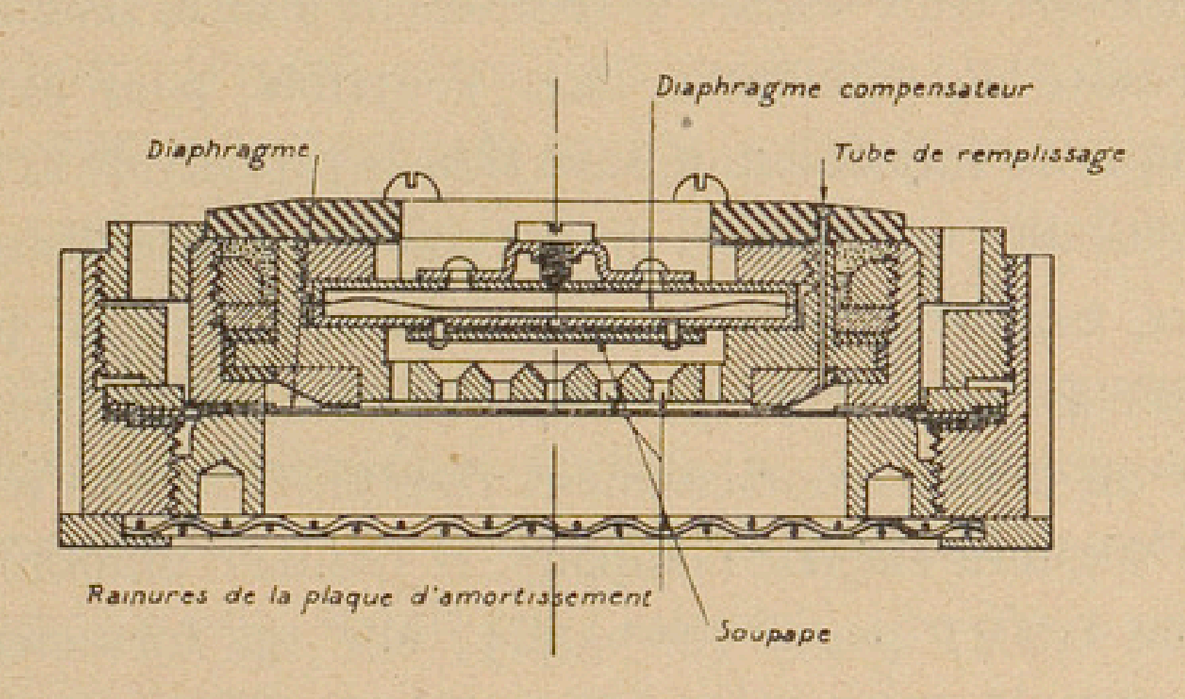


Fig. 18. — Microphone électrostatique.

(200 volts, par exemple) et en série avec une résistance R de plusieurs dizaines de mégohms, polarise les armatures de ce condensateur. Sous l'influence des vibrations de l'air, la capacité propre du microphone se modifie ; il en résulte une variation synchrone de sa charge et la production, dans son circuit de polarisation, d'un courant qui développe aux bornes de R une différence de potentiel variable. Cette différence de potentiel, de l'ordre du millivolt, est amplifiée par un système électronique de trois ou quatre lampes, qui l'élève à un niveau utilisable de quelques dixièmes de volt. Une deuxième résistance, de plusieurs dizaines de mégohms, combinée avec un

1. A.E. Dolbear, *A new system of telephony.*
2. *La lumière électrique*, 1881.

condensateur et placée, elle aussi, en dérivation sur le microphone permet le fonctionnement normal de la grille de la première lampe.

La valeur de cette résistance, comme aussi celle des capacités parasites (en particulier la capacité du cordon de liaison entre le microphone et la première lampe), a une très grande importance, puisque l'efficacité propre de l'ensemble résulte du rapport entre les variations d'impédance du microphone et l'impédance du réseau d'alimentation. Dans le Système fondamental européen de référence pour la transmission téléphonique, la capacité du microphone est de quelque 350 $\mu\mu$F et les résistances placées en dérivation sont de 50 mégohms.

Le diaphragme des microphones proprement dits fut d'abord constitué par une lame d'acier extrêmement mince, tendue à proximité immédiate de l'électrode fixe. Toutefois, pour améliorer la caractéristique de transmission, tant sous le rapport de la sensibilité que sous celui de l'uniformité, on fut conduit à substituer à l'acier l'aluminium, beaucoup plus léger, et qui possède un plus faible coefficient d'élasticité, ce qui permit de diminuer la résistance mécanique pour un même amortissement résultant. Dans l'un des modèles de la Western electric company, la feuille d'aluminium a une épaisseur de 0,0011 pouce ($0^{mm},027$) ; elle est fortement tendue entre le fond du boitier et un anneau de serrage, séparé du diaphragme proprement dit par des rondelles d'aluminium. L'amortissement du microphone original de Wente résultait de la mince lame d'air emprisonnée entre le diaphragme et le fond du boîtier ; on obtenait ainsi une fréquence de résonance de 5.000 p : s. Une modification fut ultérieurement apportée par I.B. Crandall, qui montra qu'on pouvait améliorer la forme de la caractéristique en creusant des rainures à angle droit dans le fond du boîtier. Cette opération diminue l'élasticité de la lame d'air et redresse la courbe d'efficacité aux très basses fréquences.

A l'intersection des rainures sont percés des trous cylindro-coniques (cylindriques du côté du diaphragme, coniques et évasés à leur autre extrémité), qui assurent un passage entre la couche intermédiaire d'air et la cavité située à l'arrière. Pour empêcher que les trous ne provoquent de résonances, ce qui arriverait s'ils étaient

percés jusqu'à l'espace libre entourant la plaque amortissante, leurs extrémités inférieures sont obturées par un anneau pressé par un épaulement de la plaque. La planéité de la plaque séparée du diaphragme par un anneau épais de 25 microns, est assurée à 2 microns près et vérifiée par des mesures optiques d'interférences.

Il faut noter enfin les dispositions très intéressantes destinées à éviter les répercussions que pourrait avoir tout changement de la pression atmosphérique sur les caractéristiques du diaphragme et plus spécialement sur son amortissement. On ne peut évidemment songer à établir une communication directe entre la chambre d'amortissement et l'air extérieur car, avec l'air extérieur, s'introduirait de l'humidité, qui non seulement réduirait l'isolement entre les électrodes, mais encore corroderait les surfaces métalliques. On a donc simplement interposé entre l'air extérieur et la chambre un diaphragme compensateur très souple, en matière organique, qui sert d'écran contre l'humidité tout en permettant l'égalisation des pressions.

D'autre part, pour remédier aux pertes de transmission qu'entraînerait aux fréquences vocales le diaphragme compensateur, la communication entre les trous de la plaque d'amortissement et le diaphragme souple se fait par l'intermédiaire d'une soupape consistant en un disque de soie serti entre deux plaques d'aluminium d'inégal diamètre. La soupape permet les échanges très lents de gaz pour l'équilibre des pressions, mais offre une impédance élevée à la transmission des ondes acoustiques.

Ajoutons qu'après assemblage l'espace compris entre les anneaux de blocage est rempli de cire d'abeille, qui assure l'étanchéité aux gaz et à l'humidité. Un trou permet en outre d'emplir d'hydrogène le microphone ce qui prévient la corrosion de la plaque d'amortissement et la diminution de pression que produirait l'oxydation de la matière utilisée pour le scellement.

L'allure générale de la courbe caractéristique d'un tel microphone est très satisfaisante (fig. 19). Toutefois, il est indispensable d'apporter un soin particulier aux connexions du microphone avec la première lampe amplificatrice et de les protéger par un écran métallique contre les perturbations électromagnétiques

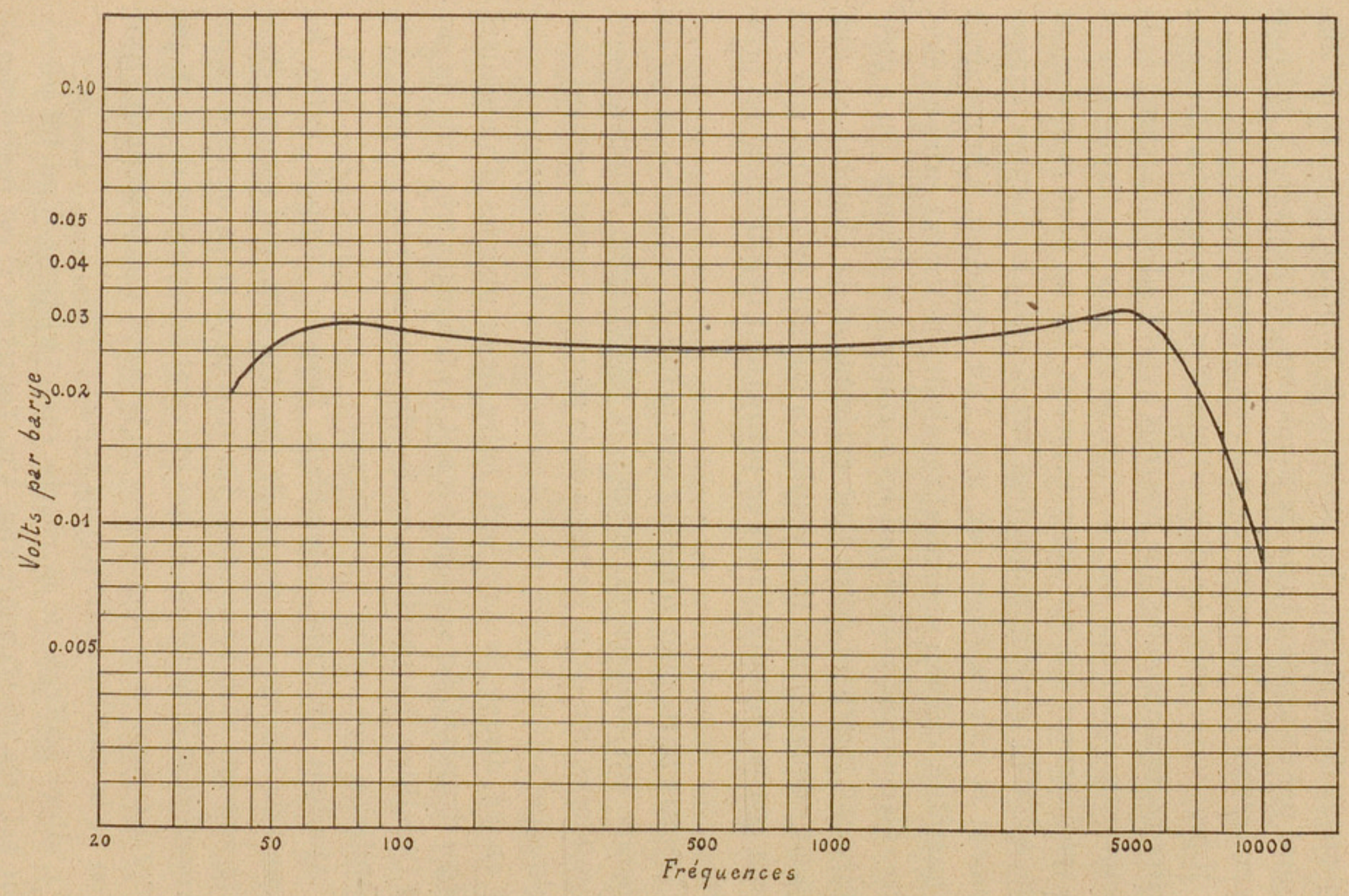


Fig. 19. — Courbe moyenne de l'efficacité absolue du système émetteur à condensateur du S.F.E.R.T..

d'origine étrangère. Il faut enfin remarquer que, l'efficacité propre du microphone étant peu élevée, une amplification importante est nécessaire au bon fonctionnement, ce qui produit toujours un certain bruit de fond, dû à l'émission électronique et à l'agitation thermique dans les conducteurs.

D'autres modes d'utilisation des microphones à condensateur, différant notablement de celui qui vient d'être rappelé, ont été étudiés par certains auteurs : en particulier, au lieu de polariser le microphone par une batterie en série avec une résistance élevée et d'en faire ainsi un système émetteur peu efficace mais indépendant, on peut l'insérer dans un circuit oscillant à haute fréquence. Les variations de capacité produites par les ondes acoustiques agissent alors directement sur le circuit résonant, dont elles modifient la fréquence propre. Il y a dans ce montage, dont une description très intéressante a été donnée par M. Reeves, une application du principe de la modulation directe d'un système à haute fréquence par les sons incidents.

Le double avantage que présente une telle disposition consiste dans la suppression de la batterie microphonique et dans la réduction du bruit de fond plus ou moins prononcé, dont les causes ont été rappelées ci-dessus. Elle permet aussi de réduire l'impédance du condensateur et, par suite, l'impédance de l'espace filament-grille, c'est-à-dire au total, de diminuer la susceptibilité aux effets d'induction perturbateurs. Pour accroître au maximum la sensibilité de ce système, il convient d'en calculer les divers éléments, de manière à placer son point de fonctionnement aux environs du point d'inflexion de la courbe de résonance : cela conserve d'ailleurs la symétrie et la linéarité indispensables à une bonne netteté.

Grâce à cet ensemble de dispositions, il a été possible de revenir à l'utilisation d'un microphone analogue au type original de Wente, moins efficace que le microphone ci-dessus, mais plus fidèle pour les fréquences élevées comprises entre 6.000 et 10.000 p : s.

Toutefois, pour obtenir une caractéristique plus uniformément plate et pour réduire les inconvénients de la complication inhérente au montage précédent, tout en tenant compte des nouvelles exigences des radiotéléphonistes et des acousticiens qui, par des mesures

d'appréciation très nettes, ont reconnu l'importance des fréquences très basses et des fréquences très élevées, on a été conduit en Amérique, à étudier une nouvelle forme de microphone, basée sur les phénomènes électrodynamiques dont le principe essentiel est donné ci-après.

c) Le microphone électrodynamique. — Les microphones à bobines mobiles, dits électrodynamiques, sont connus depuis longtemps ; mais leur perfectionnement et leur application aux transmissions de haute qualité sont assez récents. Ils ont été en partie subordonnés à la réalisation de diaphragmes souples, de types plus ou moins analogues à ceux qui ont été décrits pour les micro-

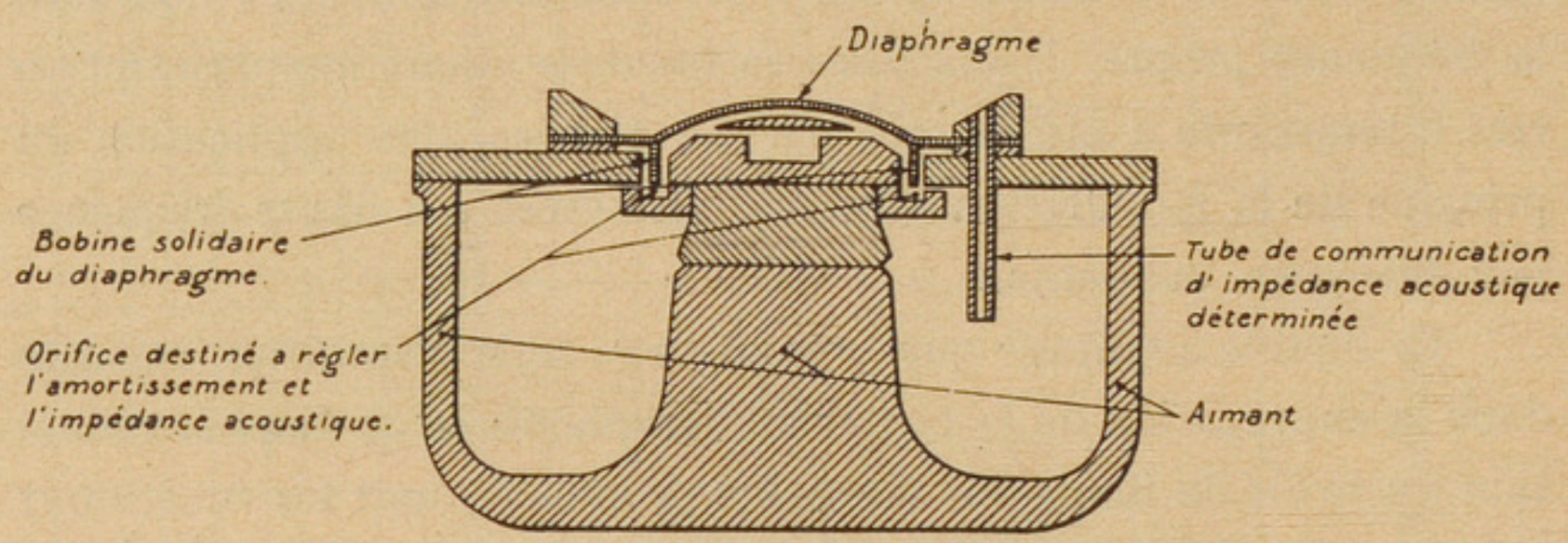


Fig. — Microphone électrodynamique.

phones à charbon et qui ont été expérimentés avec succès pour les récepteurs. Leur principe de fonctionnement est naturellement très différent de celui du microphone à condensateur et fait intervenir un autre élément physique. Alors que, pour ce dernier, les variations de force électromotrice sont directement en relation avec les déplacements du diaphragme et avec les variations de pression, ce sont, au contraire, les vitesses de vibrations d'une bobine mobile dans un champ magnétique permanent qui induisent dans cette bobine une force électromotrice et qu'il est préférable de prendre en considération. Il y a évidemment une relation entre la vitesse et la pression pour un type donné de microphone et pour une, impédance mécanique déterminée. On peut d'ailleurs remonter très simplement de l'effet de vitesse à l'effet de pression, en

comparant directement l'un à l'autre deux microphones, l'un à condensateur normalement étalonné, l'autre électrodynamique, mais en tenant compte des résonances supplémentaires introduites par la forme des boîtiers leurs embouchures et, d'une façon générale, par toutes les cavités qu'ils présentent en avant du diaphragme.

Les microphones électrodynamiques comprennent essentiellement (fig. 20) un diaphragme ondulé ayant une partie centrale en forme de calotte sphérique. Le long du cercle de base de cette calotte, est bobiné l'enroulement, qui est soumis au champ magnétique excitateur radial d'un système à aimant circulaire avec pôle axial. Un tube, d'impédance acoustique appropriée, réunit la face anté-

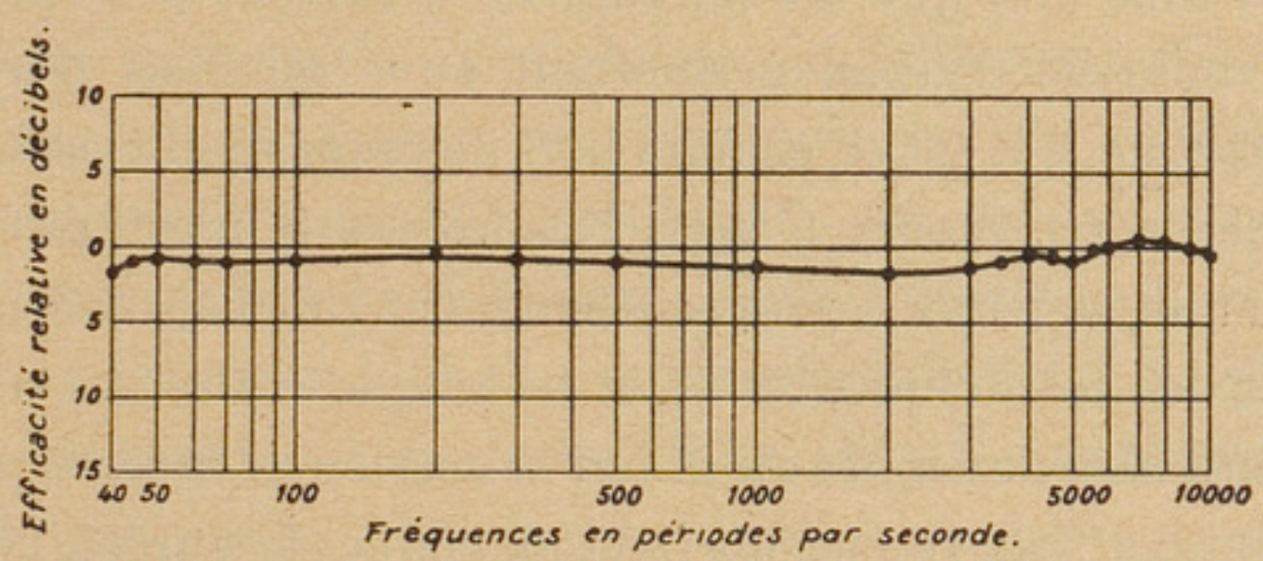


Fig. 21. — Caractéristique de fonctionnement d'un microphone électrodynamique à bobine mobile.

rieure, exposée à l'air libre, et les diverses cavités situées à l'arrière du diaphragme, permettant ainsi d'accroître la sensibilité aux basses fréquences. Il y a donc association d'un système électro-dynamique avec de véritables compensateurs mécaniques, dont l'effet peut être calculé d'avance avec une très bonne approximation. Le résultat de cette disposition est de donner une sensibilité pratiquement uniforme (à 2 décibels près) entre 45 et 10.000 p : s (fig. 21). Ce microphone, très intéressant et de faible impédance, donc beaucoup moins sensible aux inductions perturbatrices que le microphone à condensateur, est relié immédiatement à un transformateur élévateur de rapport 100, qui attaque directement la grille de la première lampe ; si l'on exprime encore l'efficacité d'un tel ensemble en volts par barye, on obtient une valeur moyenne de 9,5 milli-

volts, par barye, c'est-à-dire trois fois supérieure à celle du microphone à condensateur. L'amplification nécessaire pour produire un volume de son déterminé est donc réduite d'autant, ce qui abaisse sensiblement le niveau du bruit de fond dû aux lampes par rapport à la tension utile.

Ce nouvel avantage s'ajoute à ceux qui résultent, d'une part, de l'étendue de la bande des fréquences effectivement transmises et, d'autre part, de la forme extérieure du microphone et qui, réduisant au minimum la déformation du champ acoustique et les résonances de membrane ou d'embouchure, donnent à l'appareil des qualités de reproduction et de transmission exceptionnellement élevées.

Il va sans dire que ces microphones, surtout utilisés dans les stations radio-électriques, permettent aux émissions d'avoir une pureté extrême, qui est en général hors de proportion avec la qualité des appareils récepteurs usuels. Néanmoins il n'est pas interdit d'espérer que, dans un avenir suffisamment proche, ceux-ci bénéficieront également des progrès de la technique et tireront ainsi tout le parti désirable des ondes qu'ils ont la mission de détecter ou d'amplifier, donnant aux réceptions radiophoniques la pureté, la fidélité, la justesse dans le timbre et le naturel qui font le charme des auditions vraiment artistiques.

***

Dans cet exposé forcément limité à un nombre restreint de types microphoniques, il n'a évidemment pas été possible de citer et surtout d'examiner toutes les recherches et toutes les réalisations (souvent heureuses) que les techniciens ont exécuté dans différentes voies en vue d'obtenir des systèmes microphoniques satisfaisants, tant au point de vue scientifique et quantitatif des mesures absolues qu'au point de vue subjectif et qualitatif. Nous mentionnerons cependant certains systèmes très intéressants à cet égard. Quelques-uns font appel aux courants de Foucault et ont été plus spécialement étudiés par la Research station de l'office britannique : ils comportent un microphone à très grand diaphragme, peu tendu, de manière

à avoir une fréquence propre de résonance au dessous des fréquences audibles : ce diaphragme, en aluminium, est placé entre deux bobines plates connectées en série et produisant un champ magnétique radial quand elles sont parcourues par un courant continu magnétisant. En se déplaçant sous l'action des ondes acoustiques, le diaphragme devient le siège de courants tourbillonnaires de Foucault, qui induisent des courants microphoniques dans les bobines elles-mêmes, c'est-à-dire dans le circuit d'utilisation ; ces courants doivent être évidemment amplifiés sans déformation, afin d'atteindre un niveau suffisant et comparable à celui d'un système émetteur ordinaire. D'excellents résultats ont été obtenus avec un tel microphone, dont il nous a été donné d'apprécier les remarquables qualités en 1926.

D'autres variétés de microphones ont également été réalisées avec succès, soit en faisant appel au principe du condensateur, dont de nombreux types ont été construits, soit en utilisant certains principes physiques très différents. Nous rappellerons, en particulier, les microphones à fil chaud, les microphones à quartz, etc... Toutefois, ils n'ont pas eu jusqu'ici un champ d'application très étendu et leur étude déborderait le cadre de cette conférence, qui se propose seulement de décrire quelques-uns des aspects les plus usuels de la technique microphonique. Nous voudrions surtout retenir des considérations exposées les grands principes directeurs qui semblent orienter actuellement la construction microphonique, tant pour les appareils d'abonnés que pour les appareils radiotéléphoniques : accroissement de l'efficacité pour obtenir un niveau notablement supérieur à celui des bruits parasites de toute origine, mais, simultanément et avec un souci plus constant qu'autrefois, amélioration de la netteté, c'est-à-dire, en fin de compte, de la qualité du service rendu. De grands pas ont déjà été faits dans cette double voie, au fur et à mesure des découvertes des savants et des travaux des techniciens, qui se sont coordonnés avec méthode et régularité, et leur ère n'est pas close.

D'origine très modeste et presque obscure, le microphone a eu des débuts très lents et incertains. Aujourd'hui il a conquis droit de cité. Il n'est plus seulement un sujet d'émerveillement, un objet de

curiosité pour les savants : il est pour tous un instrument de travail indispensable et le premier des moyens de relation et d'échange. Il est aussi, avec l'aide des ondes électromagnétiques, un moyen de diffuser universellement les arts musicaux et toutes les expressions de l'intelligence et de la sensibilité humaine. C'est dire que sa part dans l'évolution des idées et des sentiments est devenue prépondérante.

LES ÉMETTEURS A ONDES ENTRETENUES MODULÉES DES STATIONS COTIÈRES FRANÇAISES,

par M. BRUNIAUX,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Dans une étude récemment parue dans les *Annales* (1), ont été indiquées les conditions du trafic radiomaritime. En particulier, cette étude a énuméré, avec leur utilisation respective, les différentes bandes de fréquence réservées aux services mobiles.

Le présent article se rapporte uniquement au trafic effectué à l'aide des longueurs d'onde comprises entre 580 et 830 mètres (à ce groupe, se rattache l'onde unique de 220 mètres réservée aux échanges de télégrammes avec ou entre les chalutiers) et a pour but de décrire le matériel d'émission employé dans les stations côtières françaises. Dans la bande de longueurs d'onde indiquée, sont utilisées les ondes amorties et les ondes entretenues modulées.

Les règlements annexés à la convention radiotélégraphique internationale de Washington (1927) imposent la suppression des émetteurs à ondes amorties à partir du 1er janvier 1935 pour les stations terrestres et du 1er janvier 1940 pour les stations de bord, aucune installation nouvelle ne pouvant être effectuée à partir du 1er janvier 1930. Exception, toutefois, est faite pour les émetteurs absorbant une puissance d'alimentation inférieure à 300 watts (postes de secours).

Il fallait donc prévoir la suppression de tous les émetteurs à ondes amorties utilisés dans les stations côtières et leur remplacement par des émetteurs à ondes entretenues modulées. De toute manière, d'ailleurs, cette transformation s'imposait, avant même l'expiration du délai accordé par la convention de Washington.

---

1. E. Picault, *Les communications radioélectriques avec les navires en mer* (décembre 1932).

L'encombrement croissant de l'éther entraîne logiquement, en effet, la nécessité d'utiliser des émetteurs à longueurs d'onde stables et rayonnant un spectre de fréquences aussi réduit que possible, ce qui n'est pas du tout le cas des postes à ondes amorties. A ce point de vue, les stations terrestres se devaient de donner l'exemple, surtout si l'on considère que leur puissance est toujours très supérieure à celle des stations de bord.

La question fut mise à l'étude dès 1928 par le service radiomaritime de la direction du Service de la télégraphie sans fil, et l'équipement des stations côtières, poussé activement, fut terminé au début de 1931. Il y a lieu de remarquer que tous les travaux furent entièrement effectués par le personnel du service, et qu'on fut ainsi obligé d'équiper les diverses stations successivement, et non simultanément.

I. Conditions auxquelles devait satisfaire le matériel.

Avant d'exposer la solution adoptée par le service, il est indispensable d'étudier les conditions auxquelles doit satisfaire un matériel destiné au trafic radiomaritime.

1° Puissance. — Les navires disposant généralement d'une place restreinte pour loger leurs installations radioélectriques, il en résulte que les stations terrestres doivent posséder des moyens d'action beaucoup plus importants que ceux dont disposent les stations de bord. Cela est vrai tant en ce qui concerne la puissance à l'émission qu'en ce qui concerne la sensibilité à la réception.

Par ailleurs, le trafic radiomaritime présente un caractère de concurrence internationale qui n'existe guère pour le trafic entre stations fixes, concurrence qui s'exerce même pour des communications à faible portée (1). Il serait donc imprudent de limiter à

1. Une illustration typique de ce dernier cas est fournie par l'exemple d'un navire traversant le pas de Calais et qui se trouve sollicité à la fois par les stations côtières françaises, anglaises, belges et mêmes hollandaises.

l'excès la puissance des émetteurs côtiers, le trafic allant tout naturellement aux stations les mieux entendues.

Ce qui importe d'ailleurs, ce n'est pas tellement la puissance émise dans l'antenne que la puissance rayonnée par celle-ci. La chose est évidente ; mais on l'oublie si facilement, qu'il n'est pas inutile de la rappeler. Toute amélioration dans le rendement de l'antenne (c'est-à-dire le rapport de la puissance rayonnée à la puissance absorbée) se traduit donc, à efficacité égale, par une diminution de la puissance de l'émetteur. Or une antenne est une installation fixe dont les frais d'entretien sont insignifiants, tandis qu'un émetteur entraîne des frais d'exploitation (consommation d'énergie, de lampes, etc...) croissant directement avec la puissance. Dans le service côtier, où les taxes sont faibles, ce point de vue ne peut être négligé ; il entraîne également la nécessité d'un bon rendement pour l'émetteur lui-même.

Compte tenu de ces diverses considérations, la puissance des émetteurs à ondes modulées du service radiomaritime fut fixée à 1 ou 2 kilowatts en antenne, suivant les stations.

2° **Syntonie.** — Ce point de vue n'est pas spécial aux émetteurs côtiers. L'encombrement croissant de l'éther rend désirable la réalisation d'émetteurs rayonnant un spectre de fréquences aussi réduit que possible. Cette condition est encore plus impérieuse pour les stations terrestres, dont la puissance rayonnée est largement supérieure à celle des stations de bord. Les amateurs de radioconcerts habitant au voisinage de stations terrestres partagent certainement cet avis.

3° **Absence d'harmoniques.** — Pour les mêmes raisons, il est désirable non seulement de réduire la largeur de la bande rayonnée autour de la fréquence fondamentale de l'émetteur, mais aussi d'atténuer autant que possible l'importance des fréquences harmoniques.

Il y a d'ailleurs contradiction, tout au moins partielle, entre cette condition et celle qui est relative au rendement, puisqu'un émetteur à haut rendement émet forcément des harmoniques.

4° Stabilité. — C'est une qualité qui va de pair avec la syntonie ; au point de vue pratique, d'ailleurs, un émetteur « pointu » et instable rendrait difficile la tâche des opérateurs qui l'écoutent.

5° Rapidité des manœuvres. — C'est une condition tout à fait particulière aux services mobiles.

Dans les services mixtes, les stations émettent à heure fixe, pendant toute la durée d'une vacation, sans interruption et sur une fréquence déterminée. Les émetteurs sont donc généralement réglés sur une longueur d'onde fixe ou, s'ils sont susceptibles d'engendrer des fréquences différentes, le changement de longueur d'onde s'effectue pendant le laps de temps qui sépare deux vacations.

Dans les services côtiers, au contraire, où les stations trouvent en face de soi une multitude de clients qui, pris isolément, présentent un volume de trafic essentiellement variable, il est impossible d'organiser un système de vacation analogue à celui qui existe dans les services fixes. Les stations doivent donc démarrer au premier appel d'un correspondant, puis s'arrêter quand le trafic de ce dernier est écoulé. Par ailleurs, et en raison du brouillage invraisemblable qui résulte du grand nombre des stations de bord, les stations terrestres doivent pouvoir changer de longueur d'onde sur la demande du correspondant. Naturellement, la concurrence acharnée qui sévit entre les stations de nationalités différentes oblige à effectuer ces différentes manœuvres avec beaucoup de rapidité, sous peine de voir les clients s'adresser ailleurs.

Si, d'autre part, on tient compte de ce qu'à chaque opération les réglages doivent être, malgré leur multiplicité, repris très exactement pour satisfaire à la condition de stabilité énoncée ci-dessus, on conclut qu'une seule solution est possible ; elle consiste :

d'une part, à faire démarrer automatiquement les groupes convertisseurs alimentant le meuble d'émission (le problème est classique) ;

d'autre part, à repérer à l'avance les réglages des diverses fréquences utilisées et à ramener les prises correspondantes à un commutateur qui les connecte automatiquement aux endroits prescrits.

Naturellement, des enclenchements convenables doivent être prévus, pour éviter toute manœuvre intempestive.

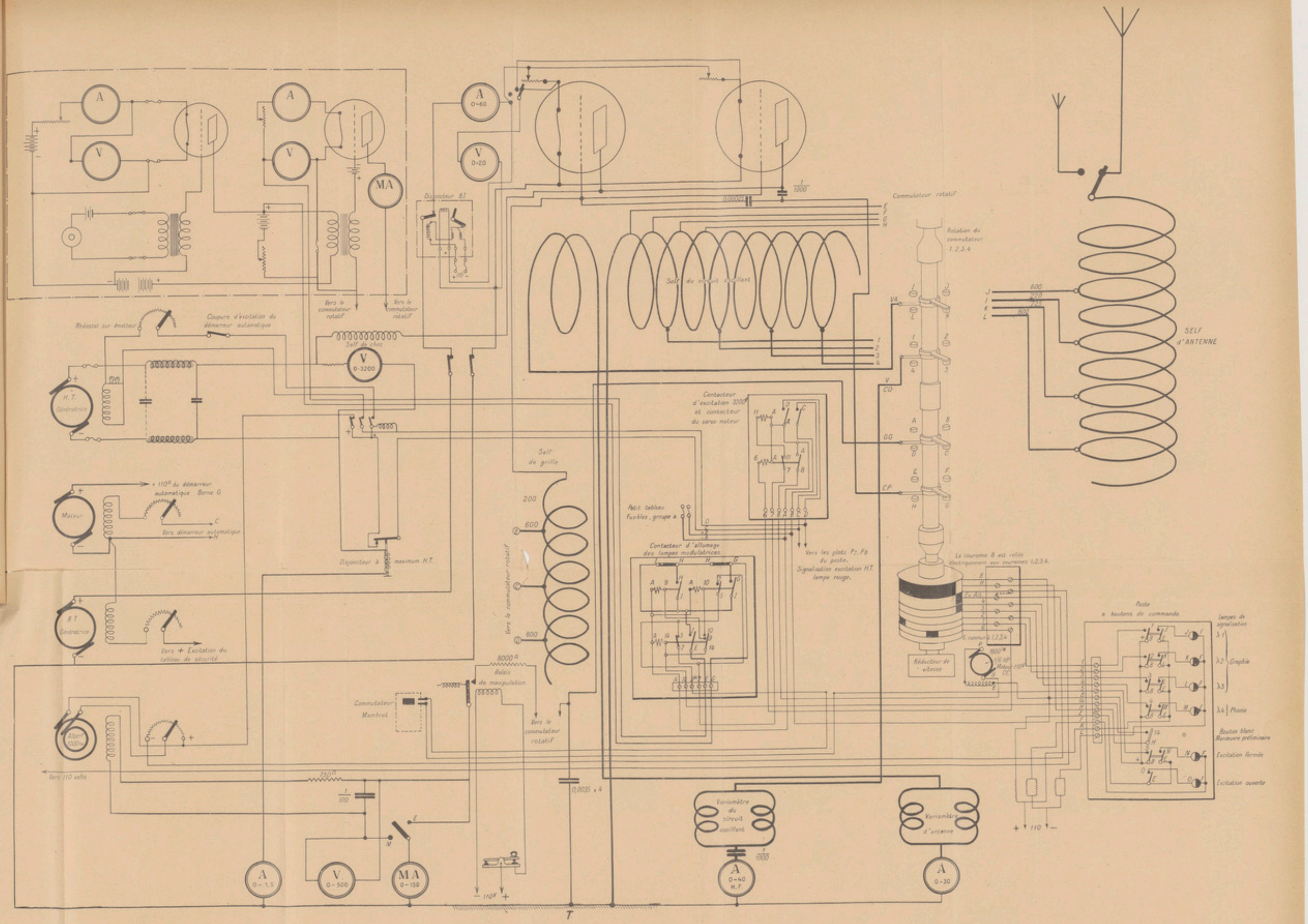


Fig. 1. — Schéma du poste émetteur à lampes de 2 kilowatts en antenne (modèle P.T.T. 1933).

Tous les organes de commande sont disposés sur la table supportant déjà le récepteur, de sorte que, sans quitter son siège, l'opérateur effectue toutes les manœuvres (émission et réception) nécessaires à l'écoulement du trafic. Des lampes de signalisation permettent le contrôle des opérations.

Le nombre des organes de commande a naturellement été réduit au minimum, de manière à accélérer les manœuvres et à éviter les erreurs. Toutefois, il n'a pas été possible d'en prévoir moins de trois, qui correspondent aux opérations indépendantes suivantes :

démarrage et arrêt,

changement de longueur d'onde,

passage d'émission à réception et vice versa.

Le nombre des longueurs d'onde sur lesquelles les émetteurs à ondes modulées sont susceptibles d'être réglés par simple enfoncement des boutons de la boîte de commande a été fixé à quatre, nombre jugé suffisant pour les besoins de l'exploitation, sans être susceptible d'entraîner une trop grande complexité des installations. Pour l'une de ces longueurs d'onde, le poste fonctionne automatiquement en téléphonie, afin de répondre aux désirs de certains armateurs qui prévoient l'installation d'un émetteur de radiotéléphonie commerciale à bord de bateaux où l'utilisation d'émetteurs radiotélégraphiques serait pratiquement impossible.

6° Robustesse. — Un émetteur doit toujours être robuste. Toutefois cette condition est particulièrement requise par le matériel installé dans les stations côtières, où le personnel technique se réduit à un mécanicien, absent pendant les deux tiers de la journée. Les appareils doivent donc être, autant que possible, à l'abri des défaillances et n'exiger qu'un entretien minime.

7° Normalisation des installations. — Il est évidemment inutile d'insister sur les avantages que procure l'utilisation d'un matériel uniforme dans toutes les stations. D'autre part, le schéma général de l'installation doit être assez simple pour se plier aux nécessités locales.

En ce qui concerne l'émetteur seul, cette condition ne se traduit

guère que par la nécessité de pouvoir faire varier la puissance suivant le lieu d'utilisation. Le problème a été résolu en prévoyant l'agencement du poste de manière à lui permettre de fonctionner soit avec une seule lampe, soit avec deux lampes en parallèle. Suivant le cas, la puissance mise dans l'antenne atteint donc 1 ou 2 kilowatts.

II. Schéma adopté.

Comme « on n'est jamais aussi bien servi que par soi-même » le service décida de réaliser par ses propres moyens le programme qu'il s'était tracé. Cette attitude se justifiait par le fait qu'il s'agissait d'un prototype nouveau, spécialement adapté aux besoins du service, et par suite intéressant à réaliser par ceux mêmes qui allaient s'en servir. L'opération se révéla d'ailleurs financièrement avantageuse.

Les pièces détachées furent réalisées par l'industrie privée, suivant les plans établis par le service ; mais le montage et la mise au point furent entièrement réalisés par le personnel du Service de la télégraphie sans fil.

La figure 1 représente le schéma général adopté par le service. Pour la commodité de la lecture, on y a fait figurer un des groupes convertisseurs d'alimentation.

Il est intéressant de voir comment ce schéma réalise les conditions énoncées précédemment, tout au moins celles qui ne résultent pas uniquement de la réalisation mécanique du matériel (condition 6°, par exemple). A cet effet, un schéma simplifié a été extrait du schéma général et se trouve représenté par la figure 2. Plus clair, il suffit à la compréhension des explications qui vont suivre.

On y reconnaît le schéma d'un étage auto-oscillateur dont les caractéristiques essentielles sont :

1. Le couplage grille-plaque, destiné à assurer l'entretien des oscillations, est effectué par capacité (C_2).

2. L'antenne est excitée indirectement par tesla (le circuit oscillant interne L_1, C_1, où s'engendrent les oscillations, est couplé magnétiquement à l'antenne).

3. L'alimentation en courant continu (à haute tension) de la plaque est faite en parallèle, de sorte que deux voies différentes sont offertes, l'une au courant continu, l'autre au courant de haute fréquence : la première est protégée contre les retours de haute

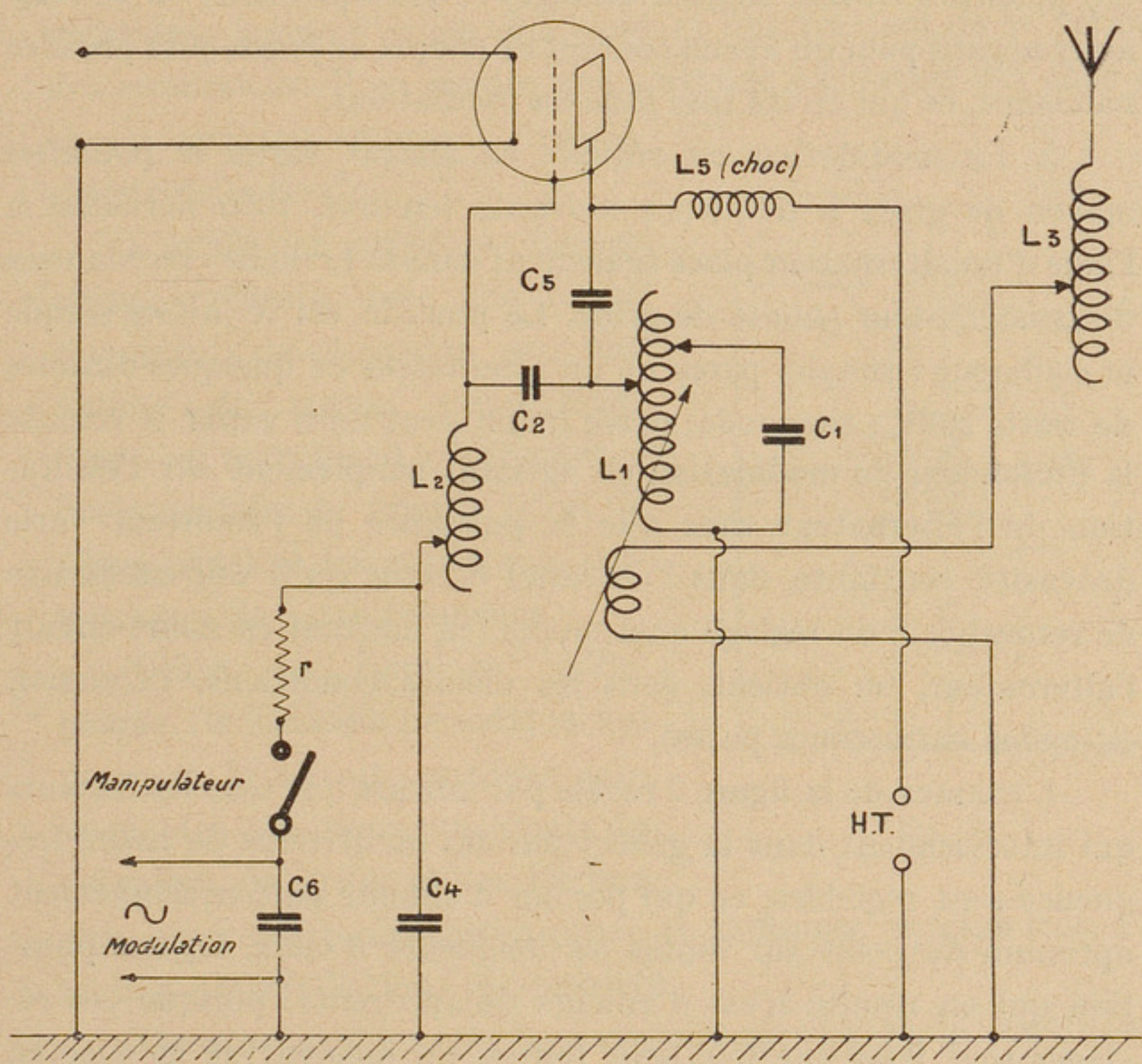


Fig. 2.

L_1, C_1, Circuit oscillant interne ;
L_2, C_2, Self de grille et capacité de couplage grille-plaque assurant l'entretien des oscillations ;
L_3, Self d'antenne ;
C_4, Condensateur shunté de grille destiné à augmenter le rendement de l'oscillateur ;
L_5, C_5, Self de choc et capacité de blocage protégeant l'alimentation continue de plaque ;
C_6, Capacité protégeant l'alternateur de modulation contre les retours de haute fréquence ;

fréquence par la self de choc L_5 ; le condensateur de blocage C_5 empêche le courant continu de parcourir la seconde.

4. La manipulation est effectuée très simplement en coupant la branche « résistance » du condensateur shunté de grille. On sait, en effet, que le condensateur shunté a pour but d'augmenter le ren-

dement de l'oscillateur en abaissant le potentiel moyen de la grille par suite de la chute de tension que le courant continu de grille provoque dans la résistance r. En rendant cette résistance infinie, on rendrait donc le potentiel moyen de grille infini en valeur absolue (ce potentiel restant négatif en signe) ; pratiquement, on le rend assez négatif pour qu'aucun courant de plaque ne puisse plus prendre naissance, ce qui arrête *ipso facto* les oscillations.

5. La modulation est réalisée en faisant varier le potentiel moyen de grille à fréquence musicale (environ 1000 périodes) à l'aide d'un alternateur placé également dans la branche « résistance » du condensateur shunté de grille. Le procédé est à la fois simple et commode : simple, parce qu'un alternateur de quelques dizaines de watts suffit ; commode, parce qu'on peut faire varier à volonté la profondeur de modulation en agissant simplement sur l'excitation de l'alternateur, sans que la puissance de l'émetteur varie (intensité constante dans l'antenne) et sans qu'il soit nécessaire de retoucher à un réglage quelconque (en mettant en court-circuit l'alternateur, on obtient, dans les mêmes conditions, l'émission en ondes entretenues pures).

L'examen de la figure 2 révèle par ailleurs que tous les facteurs qui interviennent dans la génération des oscillations de haute fréquence sont réglables, ce qui permet d'obtenir un fonctionnement optimum du poste sur toutes les longueurs d'onde. La complication qui en résulte n'est d'ailleurs qu'apparente, puisque ces réglages sont faits une fois pour toutes, au moment de la mise en service de l'installation. Le schéma montre d'ailleurs qu'on les a rendus aussi indépendants que possible les uns des autres.

Ces considérations générales exposées, il reste à justifier les dispositions adoptées en montrant qu'elles sont conformes aux conditions préalablement posées. On a déjà vu que certaines d'entre elles (manipulation et modulation) avaient été choisies en raison de leur simplicité, ce qui satisfait à la 6e condition. La solution des 1re et 7e conditions ayant par ailleurs été indiquée immédiatement, il reste surtout à examiner les 2e, 3e, 4e et 5e points.

1° Couplage grille-plaque. — Le couplage grille-plaque a été

fait électriquement, et non pas magnétiquement comme il est d'usage. Le principal but de ce choix est l'élimination des harmoniques.

On sait, en effet, que, pour augmenter le rendement d'un émetteur, on rend le potentiel moyen de grille assez négatif (c'est le rôle du condensateur shunté) pour que le courant plaque—filament de la lampe d'existe que pendant une fraction de la période des oscillations. Il en résulte une véritable excitation par choc du circuit oscillant embroché dans la plaque de la triode.

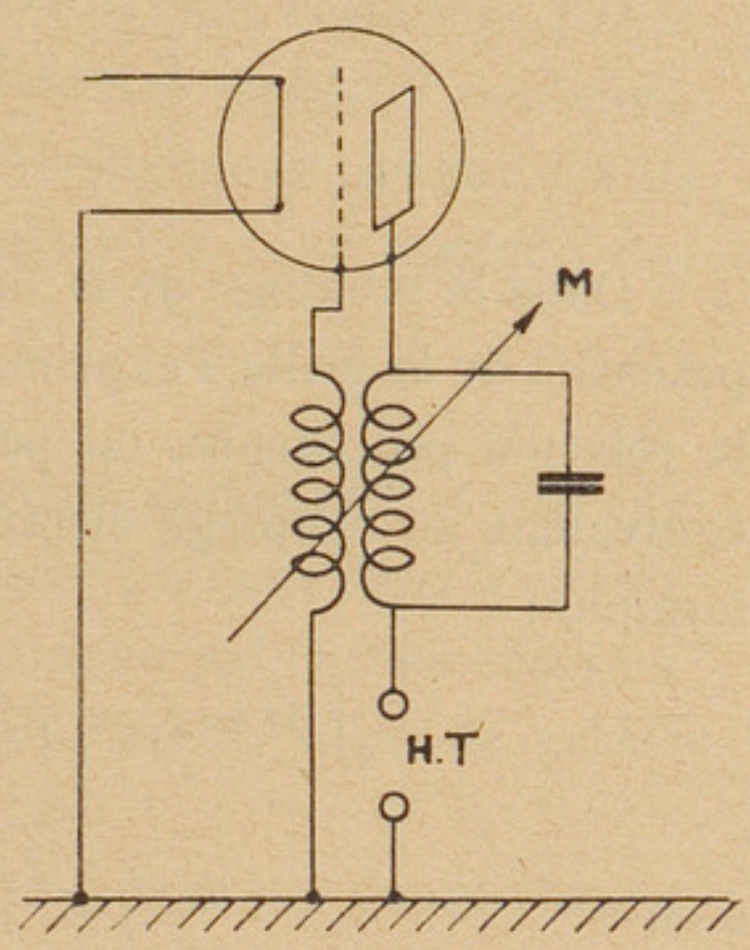


Fig. 3.

L'oscillation engendrée dans ce circuit présente donc une forme complexe, développable en une somme de termes sinusoïdaux, dont l'un correspond à la fréquence fondamentale du circuit (c'est le terme utile) et les autres aux harmoniques de cette fréquence.

Grâce au couplage grille-plaque, le courant périodique qui parcourt le circuit oscillant provoque des variations synchrones du potentiel de grille et, si l'action ainsi exercée est correcte en phase et suffisante en grandeur, l'entretien des oscillations est possible.

Dans le cas d'un couplage magnétique (fig. 3), la condition de phase est que la mutuelle M existant entre les selfs de plaque et de grille soit négative. Si cette condition est remplie pour la fréquence fondamentale, *elle l'est aussi pour les fréquences harmoniques*, dont l'amplitude originelle sera ainsi accrue (principe des récepteurs à réaction).

Il en va tout autrement dans le cas de la figure 2. Si l_1 représente la fraction de la self L_1 insérée dans le circuit de plaque et I_1 l'intensité du courant qui parcourt cette self, la différence de potentiel alternative de haute fréquence existant aux bornes de l_1 est égale à $j\ l_1\ \omega\ I_1$, où ω représente la pulsation et j le symbole $\sqrt{-1}$.

Par suite, l'intensité du courant dérivé dans la branche (L_2 C_2) est égale à :

$$I_2 = \frac{j\, l_1\, \omega\, I_1}{j\left(L_2\, \omega - \dfrac{1}{C_2\, \omega}\right)} = \frac{l_1\, \omega\, I_1}{L_2\, \omega - \dfrac{1}{C_2\, \omega}},$$

de sorte que l'amplitude des variations de potentiel de haute fréquence de la grille s'exprime par :

$$j\, L_2\, \omega\, I_2 = j\, L_2\, \omega\, \frac{l_1\, \omega}{L_2\, \omega - \dfrac{1}{C_2\, \omega}}\, I_1.$$

Dans le montage de la figure 3, l'amplitude des variations de potentiel de la grille s'exprimait par $j M \omega I_1$. Par comparaison avec la relation précédente, on peut dire que le couplage magnétique équivalent au couplage électrique de la figure 2 est donné par la formule :

$$j\, M\, \omega\, I_1 = j\, L_2\, \omega\, \frac{l_1\, \omega}{L_2\, \omega - \dfrac{1}{C_2\, \omega}}\, I_1,$$

d'où :

$$M = \frac{L_2\, l_1\, \omega}{L_2\, \omega - \dfrac{1}{C_2\, \omega}}.$$

Pour que la condition de phase soit satisfaite, il faut que M soit négatif, d'où :

$$L_2\, \omega - \frac{1}{C_2\, \omega} < 0\,;$$

autrement dit, la fréquence propre du circuit (L_2,C_2) doit être plus élevée que celle des oscillations engendrées dans le circuit (L_1, C_1).

Si la fréquence propre du circuit (L_2, C_2), et c'est là une question de réglage, est inférieure au double de la fréquence du circuit (L_1, C_1), la condition de phase n'est plus réalisée pour l'harmonique 2 et, *a fortiori*, pour les harmoniques supérieurs. Le sens de l'action transmise à la grille par la plaque s'inverse donc et l'amplitude des fréquences harmoniques se trouve réduite. Le but poursuivi est donc atteint.

La condition énoncée ci-dessus ne fixe, somme toute, que le produit $L_2\ C_2$. On aura intérêt, à valeur constante de ce produit, à choisir L_2 grand et C_2 petit, de manière à augmenter l'impédance $\left(L_2\,\omega - \frac{1}{C_2\,\omega}\right)$ du circuit dérivé et à diminuer ainsi l'amortissement du circuit (L_1, C_1), condition éminemment favorable à l'élimination des harmoniques et à l'obtention d'une bonne syntonie et d'un bon rendement. On est toutefois limité dans cette voie par le fait que C_2 doit rester important vis-à-vis des capacités parasites, dont les effets ne sont pas en phase et risqueraient par suite, s'ils devenaient trop grands, de rendre impossible tout contrôle des phénomènes, au moment des réglages.

2° Couplage de l'antenne au circuit oscillant. — Il eût été plus simple d'insérer directement la self d'antenne dans le circuit de plaque de la triode, plutôt que de la coupler inductivement à un circuit oscillant interne qui, par ailleurs, est le siège de pertes d'énergie (effet Joule, rayonnement, etc...).

Cette solution simpliste a été écartée, dans le double but :

a) d'éliminer encore plus complètement les harmoniques ;

b) d'augmenter la stabilité de la fréquence émise par le poste.

Le premier point devient évident si l'on tient compte de ce que l'antenne se comporte comme un circuit oscillant accordé sur la même fréquence que le circuit interne (L_1, C_1) et que, par suite, le passage de l'énergie du premier circuit au second s'effectue presque entièrement sur la fréquence commune.

En ce qui concerne la stabilité de la fréquence, les principaux facteurs susceptibles d'influencer celle-ci sont :

les variations des caractéristiques des circuits ;

les variations des tensions d'alimentation.

On s'affranchit des premiers par une construction mécanique convenable. La chose est relativement aisée pour les organes intérieurs au meuble d'émission ; la réalisation devient plus délicate quand il s'agit de l'antenne.

On élimine les variations des tensions d'alimentation en étu-

diant les groupes en conséquence (compoundage des moteurs, saturation des tôles des dynamos, etc...) ; des réglages convenables permettent d'ailleurs d'annuler presque complètement l'effet des variations résiduelles, supposées d'amplitude limitée.

La grande cause d'instabilité de la fréquence, dans une installation bien conçue, réside donc dans la variation des caractéristiques de l'antenne sous l'influence du vent, de la température, etc... On annule complètement l'effet de ces variations sur la fréquence émise en intercalant une nouvelle lampe entre l'oscillateur et l'aérien. Cela résulte de l'irréversibilité de fonctionnement qui existe pratiquement entre la grille (réunie à l'oscillateur) et la plaque (raccordée à l'antenne) d'une même triode. Dans ces conditions, les variations de fréquence propre de l'aérien ne peuvent se traduire que par des variations de l'intensité du courant d'antenne, sans réaction sur la fréquence de ce courant.

Cette disposition fut jugée trop compliquée, eu égard à la puissance prévue pour les émetteurs, et l'on s'en tint à la solution intermédiaire indiquée ci-dessus, solution que l'expérience révèle d'ailleurs largement satisfaisante.

3° Commutateur rotatif de longueurs d'onde. — Il a été signalé plus haut que les émetteurs des stations côtières devaient pouvoir changer instantanément de longueur d'onde et que cette opération ne pouvait, eu égard aux autres conditions d'exploitation, être effectuée qu'en repérant à l'avance les réglages des diverses fréquences utilisées et en ramenant les prises correspondantes à un commutateur qui les connecte automatiquement aux endroits prescrits.

Cela apparaît sur le schéma général de la figure 1. On y voit que le commutateur rotatif de longueurs d'onde règle simultanément tous les éléments de l'émetteur (self d'antenne, self de circuit oscillant interne, couplage de plaque, couplage de grille), conciliant ainsi la rapidité des manœuvres avec le bon fonctionnement du poste sur toutes les longueurs d'onde utilisées. Pour l'une de ces longueurs d'onde, l'émetteur fonctionne automatiquement en téléphonie,

par mise en circuit des lampes modulatrices, dont les filaments sont mis progressivement sous tension par un contacteur spécial.

4° **Téléphonie commerciale.** — Le schéma de principe du dispositif de modulation est représenté par la figure 4. Ce schéma ne diffère de celui de la figure 2 que par le remplacement de la résistance du condensateur shunté de grille de la lampe oscillatrice par une lampe modulatrice. Cette lampe se comporte comme une résis-

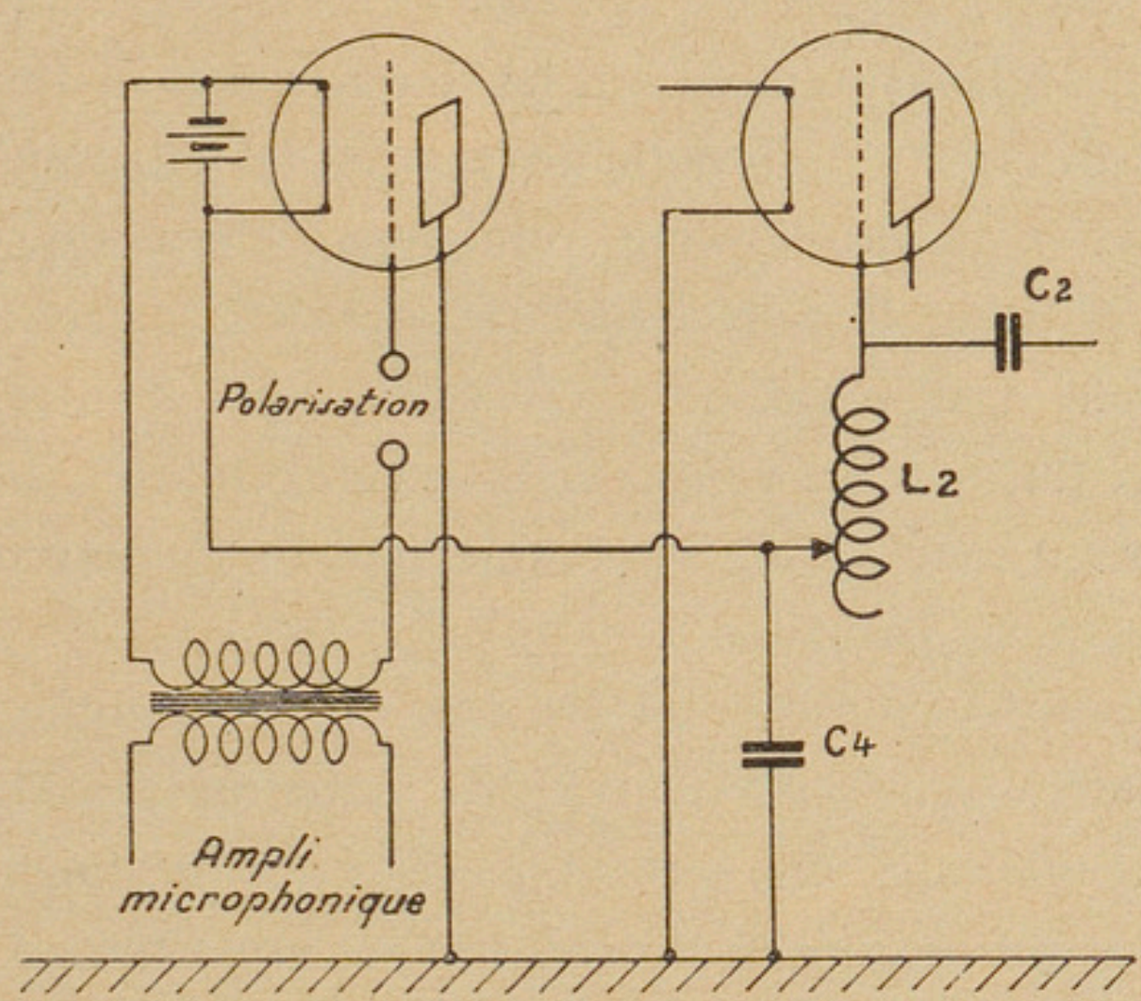


Fig. 4.

tance dont la valeur moyenne est réglée par la polarisation de grille et dont la valeur instantanée varie suivant la forme de la force électromotrice fournie par l'amplificateur microphonique. Ces variations de résistance entraînent des variations de potentiel de grille de la lampe oscillatrice, d'où modulation comme dans le cas de la télégraphie en ondes entretenues modulées.

Le choix de ce procédé s'inspire, au fond, des mêmes raisons que celui du système de modulation télégraphique. Le dispositif est très simple et donne une bonne profondeur de modulation avec une puissance microphonique réduite. Il suffit, en effet, que la lampe modulatrice soit capable de dissiper sur sa plaque l'énergie consom-

sommée dans le circuit de grille de la lampe oscillatrice, ce qui indique immédiatement que la puissance de la première est beaucoup plus petite que celle de la seconde.

D'autre part, le procédé décrit ci-dessus, d'ailleurs utilisé dans certains postes de radiodiffusion procure une netteté et une intelligibilité largement satisfaisantes pour le genre de communications dont il s'agit.

III. Réalisation.

Pour des raisons déjà citées, les deux principes directeurs qui ont régi la réalisation matérielle des meubles d'émission sont :

la réalisation d'une grande robustesse mécanique, mettant, autant que possible, le matériel à l'abri des défaillances ;

la recherche d'un montage « aéré » des organes entrant dans la construction du meuble, ce qui facilite l'entretien et, par ailleurs, réagit favorablement sur le fonctionnement de l'émetteur en diminuant les réactions parasites.

Les figures 5 et 6 montrent deux aspects du meuble d'émission (vue antérieure et vue postérieure). Ces photographies ont été prises au cours du montage, alors que tous les organes étaient en place mais que les connexions n'étaient pas encore tirées. Les châssis vitrés n'étant pas encore posés, l'intérieur du meuble est nettement visible.

Sans entrer dans des détails qui sortiraient du cadre de cet article, je signalerai simplement deux points d'un intérêt particulier, concernant la construction des selfs et du châssis.

Toutes les selfs destinées à être parcourues par des courants de haute fréquence (variomètres compris) ont fait l'objet d'une étude spéciale. Réalisées en tube creux (bonne utilisation électrique du cuivre), elles sont à la fois légères et rigides, ce qui a permis de réduire considérablement le nombre et l'importance des supports. Cette disposition très « aérée » est éminemment favorable, non seulement au point de vue des commodités d'entretien et de réglage, mais aussi au point de vue de l'amortissement des circuits, qui se trouve ainsi notablement diminué. Pour fixer les idées, la résistance totale en

haute fréquence du circuit oscillant interne (antenne non couplée) est voisine d'un ohm sur l'onde de 600 mètres. Ce résultat peut être considéré comme tout à fait remarquable si l'on considère que, dans

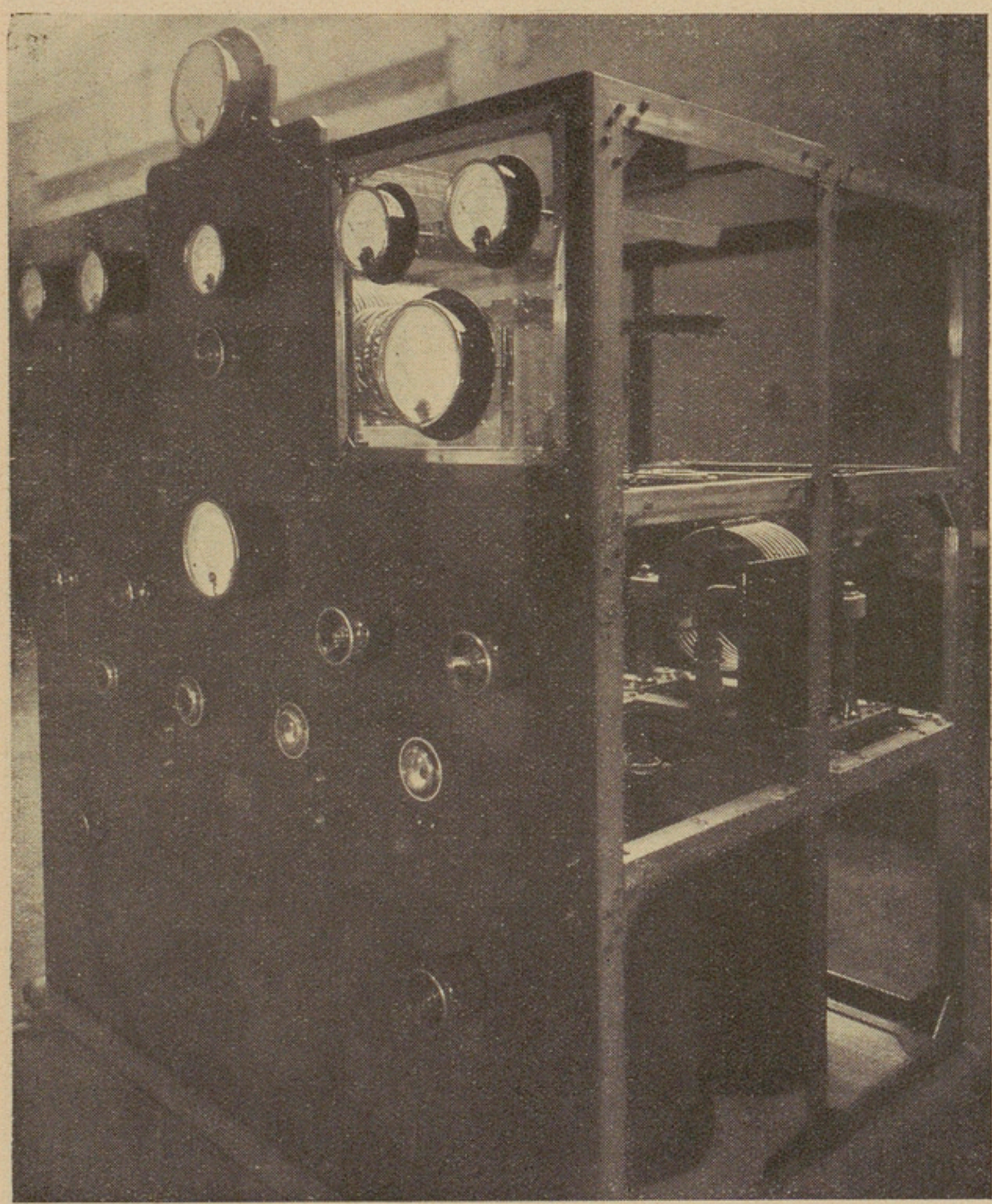


Fig. 5. — Poste émetteur à lampes de 2 kilowatts en antenne (modèle P.T.T. 1930).

un émetteur, il existe de multiples causes de pertes par rayonnement ou dérivation dont on ne retrouve pas l'équivalent dans un récepteur. Il en résulte que, pour une puissance en antenne de l'ordre d'un kilowatt, l'énergie consommée dans le circuit oscillant interne ne

dépasse pas 40 watts : le rendement du tesla est donc anormalement élevé.

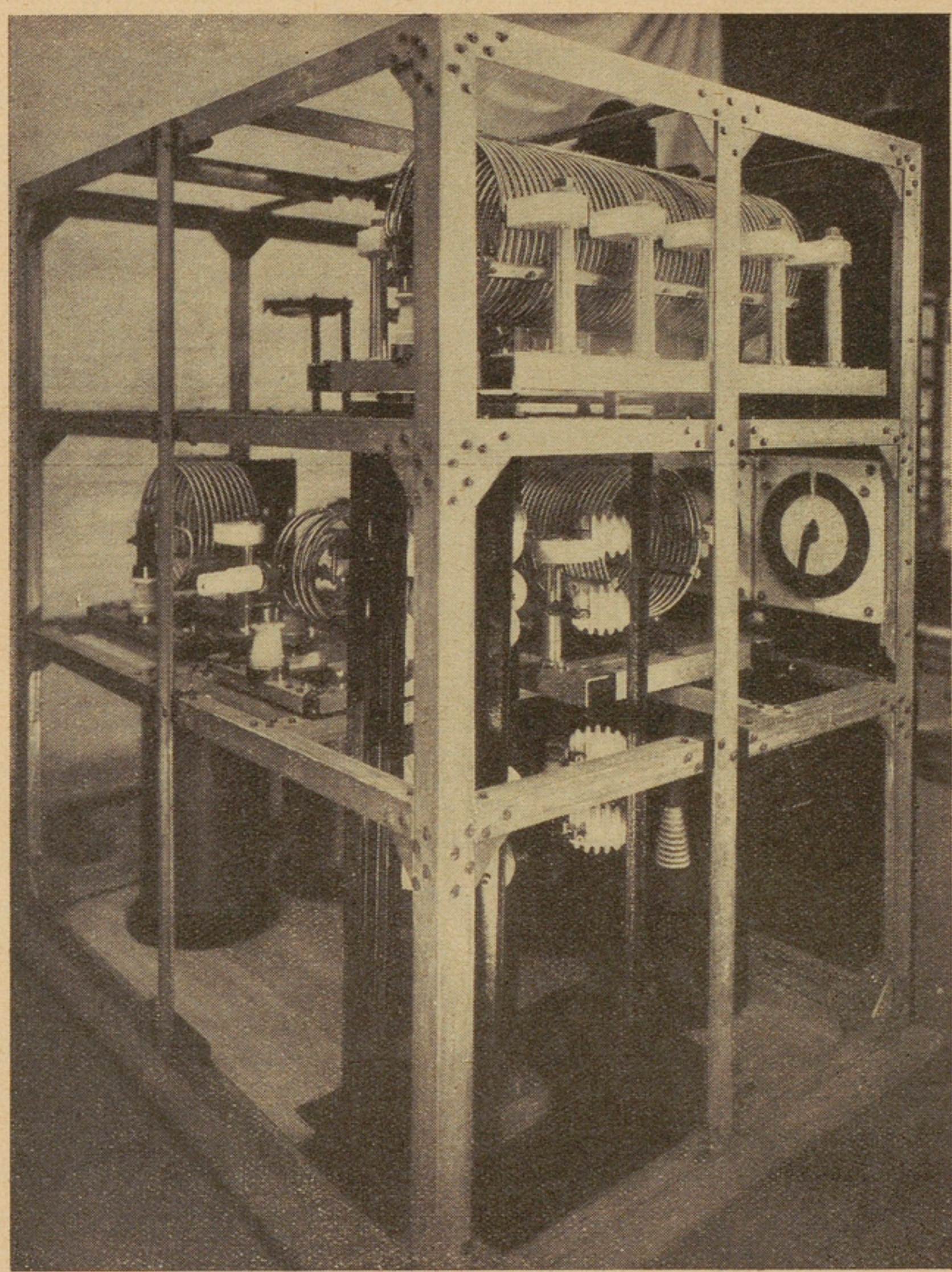


Fig. 6. — Poste émetteur à lampes de 2 kilowatts en antenne (modèle P.T.T. 1930).

Une autre particularité intéressante est offerte par le mode de construction du châssis métallique qui constitue l'ossature du meuble.

Ce châssis se trouve coupé électriquement, en un certain nombre de points, par des pièces en bakélite réparties de manière à ce qu'aucun circuit fermé ne puisse se former dans l'ensemble de l'émetteur. On évite ainsi des pertes que l'expérience a révélé très importantes, tout en réalisant un châssis plus indéformable qu'une char-

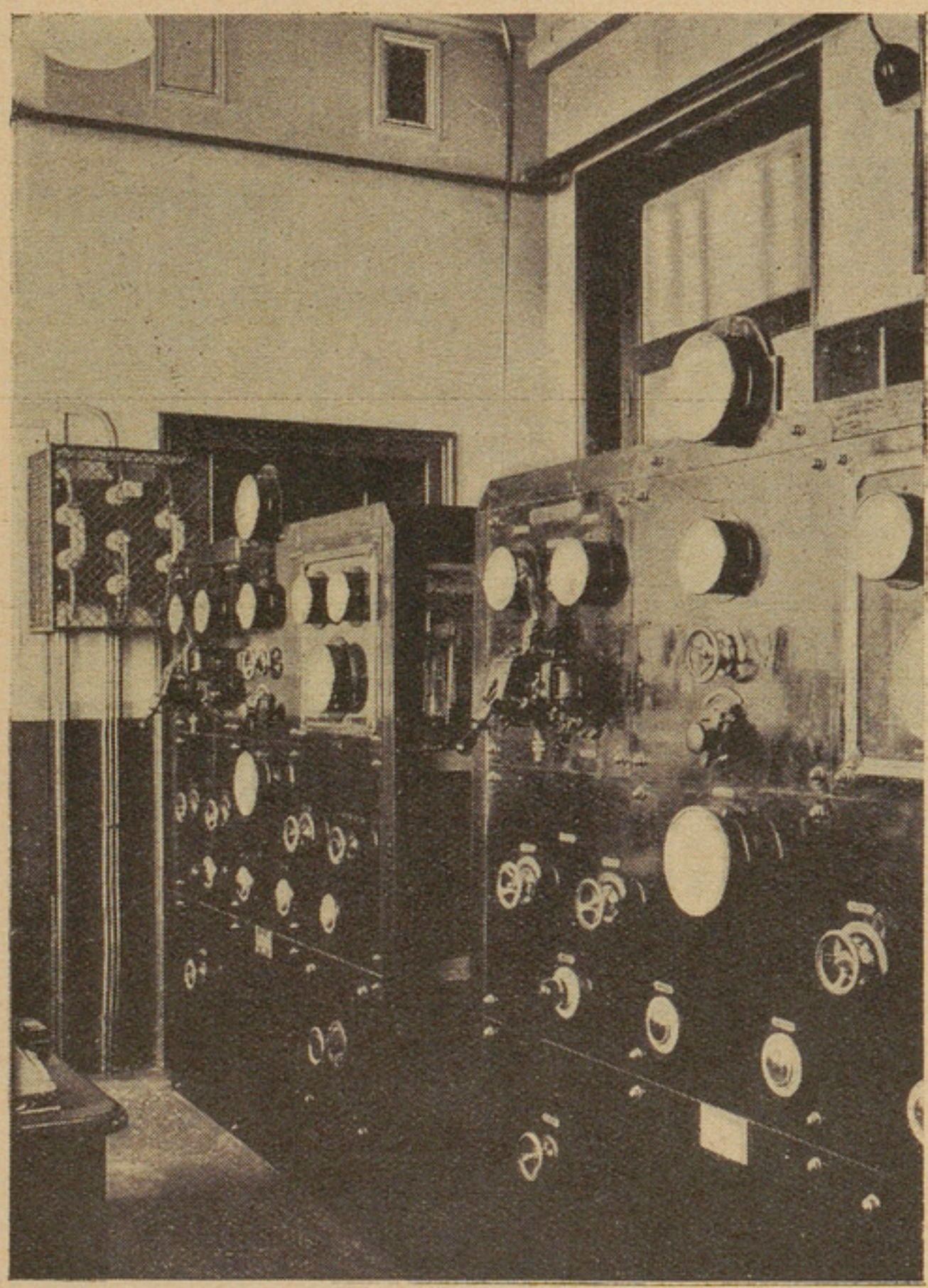


Fig. 7.

pente en bois, et même plus léger, en raison de l'utilisation qui a été faite du duralumin. La même précaution a été prise pour toutes les autres pièces *mécaniques* du meuble : supports de selfs, armature du commutateur rotatif de longueurs d'onde, etc...

Le commutateur rotatif de longueurs d'onde est visible sur la

figure 6 (angle antérieur du meuble). Il présente comme particularité que l'arbre (dissimulé sur la photographie) qui porte les couteaux effectuant les combinaisons des circuits à haute fréquence est entièrement en porcelaine, ce qui a demandé une certaine mise au point, étant donné sa longueur. A la base du commutateur, on aper-

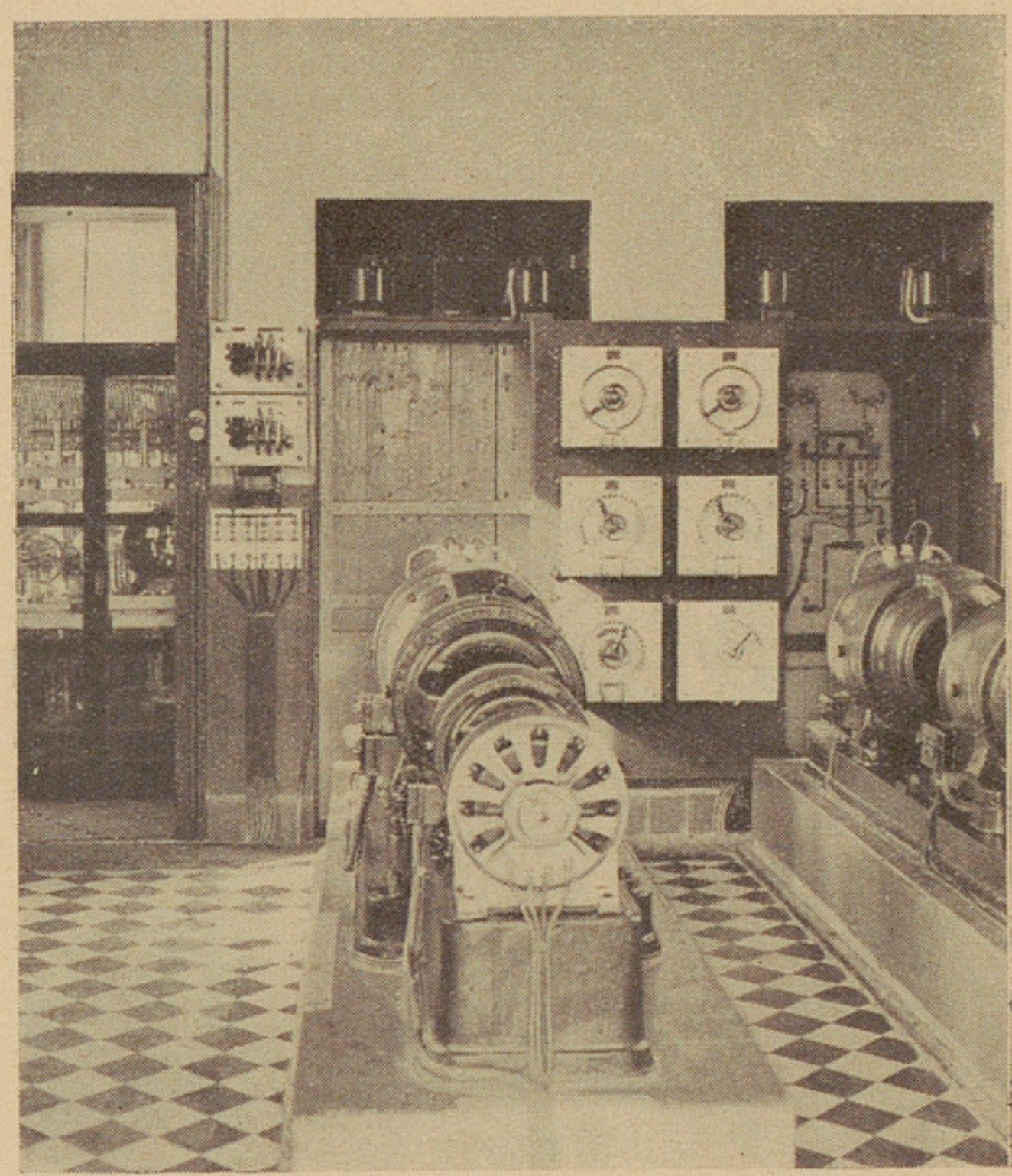


Fig. 8.

çoit le combinateur qui assure l'exécution des manœuvres commandées à partir du pupitre.

La figure 7 représente les deux émetteurs en service à la station de Boulogne-sur-mer-Radio. On voit, sur l'émetteur de gauche, une des lampes d'émission, ainsi que les châssis vitrés qui protègent le meuble contre les poussières tout en permettant l'inspection facile des organes intérieurs.

La figure 8 représente la salle des machines de la même station.

On y voit notamment les deux groupes convertisseurs destinés à l'alimentation des émetteurs. Chacun de ces groupes comporte quatre machines, qui sont, de l'arrière vers l'avant :

la génératrice à haute tension alimentant les anodes des lampes oscillatrices sous 3.500 volts ;

le moteur d'entraînement ;

la génératrice à basse tension alimentant les filaments des triodes sous 13 volts ;

l'alternateur de modulation, de fréquence égale à 1.000 périodes par seconde.

IV. Résultats obtenus.

Les résultats obtenus ont été tout à fait satisfaisants et ont récompensé les efforts du service.

Des portées de 2.000 milles nautiques ont été réalisées. Ce nombre, qui ne correspond d'ailleurs pas à des conditions normales de trafic, prouve simplement que les nouveaux émetteurs sont largement capables d'écouler le trafic des stations où ils sont installés.

La syntonie des émissions est excellente. Des écoutes effectuées chez des auditeurs de radioconcerts voisins des stations (à 2 ou 3 kilomètres, par exemple) ont montré que l'émission des nouveaux postes était extrêmement « pointue » et qu'un déréglage infime du récepteur faisait complètement disparaître le signal. L'expérience journalière du trafic confirme d'ailleurs pleinement cette opinion, puisqu'il a fallu, après chaque installation nouvelle, procéder en quelque sorte à une rééducation des correspondants, qui, habitués au large spectre de fréquences des ondes amorties, n'entendaient plus la station.

La gêne apportée par les harmoniques a été également considérablement réduite. Un exemple absolument typique est fourni par une écoute effectuée chez un amateur, à 4 kilomètres environ de la station de Bordeaux-Port-Radio, à l'aide d'un récepteur muni d'une antenne développée et d'une sérieuse amplification à haute fréquence (2 étages à haute fréquence avant détection). A si faible distance, l'harmonique 2 du 600 mètres était évidemment

perçu sur l'accord exact du récepteur ; mais cet harmonique ne gênait pas du tout la réception des radioconcerts émis par la station de radiodiffusion de Bordeaux sur 304 mètres de longueur d'onde.

Pour terminer, je citerai quelques chiffres concernant le temps demandé par les manœuvres de démarrage ou de changement de longueur d'onde. Le poste partant du repos, le temps nécessaire, dans le cas le plus défavorable, pour émettre sur une longueur d'onde déterminée, ne dépasse pas six secondes. Dans le cas d'un simple changement de longueur d'onde, effectué au cours d'une émission, le délai est généralement plus court et peut descendre à deux secondes. Ces valeurs étant plus faibles que celles qui sont nécessaires à la transmission de la demande du correspondant, on peut vraiment dire que le service est instantané.

L'expérience ayant par ailleurs révélé que les installations n'ont, depuis leur mise en service qui date de deux ans, été affectées d'aucun dérangement sérieux, on peut dire que le nouveau matériel réalisé par l'administration française supporte avantageusement la comparaison avec celui des administrations étrangères.

LA LIAISON RADIOTÉLÉPHONIQUE ENTRE LA CORSE ET LE CONTINENT PAR ONDES TRÈS COURTES,

par BRAMEL DE CLÉJOULX,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les stations radiotéléphoniques qui assurent depuis le 1er juin dernier la liaison téléphonique entre la Corse et le continent sont installées provisoirement à la Turbie près de Nice et à Calenzana, gros bourg corse, à 12 kilomètres de Calvi.

Les ondes employées sont des ondes très courtes : $7^m,60$ dans le sens continent—Corse et $8^m,30$ dans l'autre sens. Ces ondes ayant une propagation qui se rapproche beaucoup de celle de la lumière, il a été nécessaire de situer les stations en des points aussi élevés que possible. Malheureusement, on s'est trouvé limité dans cette voie par le fait que ces stations devaient être également non loin d'endroits habitables. Il fallait d'autre part se trouver le plus près possible d'un à-pic, des expériences faites précédemment par le Laboratoire national de radioélectricité ayant montré qu'en plaine la réception était beaucoup moins bonne que sur le flanc d'une colline. La station de la Turbie répond assez bien à ces diverses conditions : elle se trouve située à une altitude de 500 mètres sur le sommet d'une colline très abrupte qui domine Monaco. En Corse, le choix de l'emplacement de la station a été plus difficile, car, si la Corse est très montagneuse, tous les villages se trouvent à très basse altitude : Calenzana n'est qu'à 300 mètres au dessus du niveau de la mer.

Dans ces conditions, la distance entre ces deux stations est d'environ 180 kilomètres et l'angle de diffraction est de 40 centigrades, cet angle étant défini comme l'angle formé par les deux tangentes à la surface de la mer issues des deux stations.

Schéma général de la liaison (fig. 1). — La liaison radiotéléphonique se raccorde aux réseaux téléphoniques continental et corse à Nice et à Calvi, où se trouvent les opératrices chargées de desservir ce circuit.

De la Turbie à Nice, la ligne est à quatre fils. Elle se compose d'abord d'une partie aérienne entre la Turbie et Beausoleil, puis d'une partie en câble entre Beausoleil et Nice. Une ligne directe de service relie en outre l'opératrice de Nice à la station radiotéléphonique. Le termineur se trouve à Nice. Des amplificateurs (A) sont également installés à Nice pour compenser l'affaiblissement dû au tronçon la Turbie—Nice et équilibrent à peu près les niveaux dans les deux sens sur la ligne aérienne, ce qui a pour effet de rendre la diaphonie sur cette ligne moins nuisible. Toute cette partie de l'installation a été effectuée par le Service des lignes souterraines à grande distance.

En Corse, au contraire, le termineur se trouve à la station même de Calenzana. De plus, l'équilibreur est réglable. La liaison entre Calenzana et Calvi se fait par une ligne aérienne. Il y a également une ligne de service.

Dans chaque station, se trouvent des dispositifs de blocage : la parole passant sur une des voies bloque l'autre voie ; de plus, les postes émetteurs sont normalement bloqués et c'est la parole qui les débloque. Ce déblocage agit sur la haute fréquence. L'émission bloque la moyenne fréquence du récepteur et la réception bloque l'amplificateur de modulation de l'émetteur. Pour ce dernier blocage, une ligne de retard est nécessaire. A Calenzana, la ligne de retard (LR) est une ligne artificielle placée à la sortie du récepteur. A la Turbie, au contraire, on utilise le temps de propagation la Turbie—Nice et retour ; le temps étant trop faible, on l'a allongé en faisant suivre à la voix venant du continent le chemin suivant : Nice—Beausoleil—Nice—Beausoleil—la Turbie.

Description des émetteurs. — Les émetteurs ont été construits par le Service de la T.S.F. ; ils se composent (fig. 1) d'un maître-oscillateur (M O), d'un étage intermédiaire (E I) et d'un étage de puissance (E P) ; l'émetteur de Calenzana possède

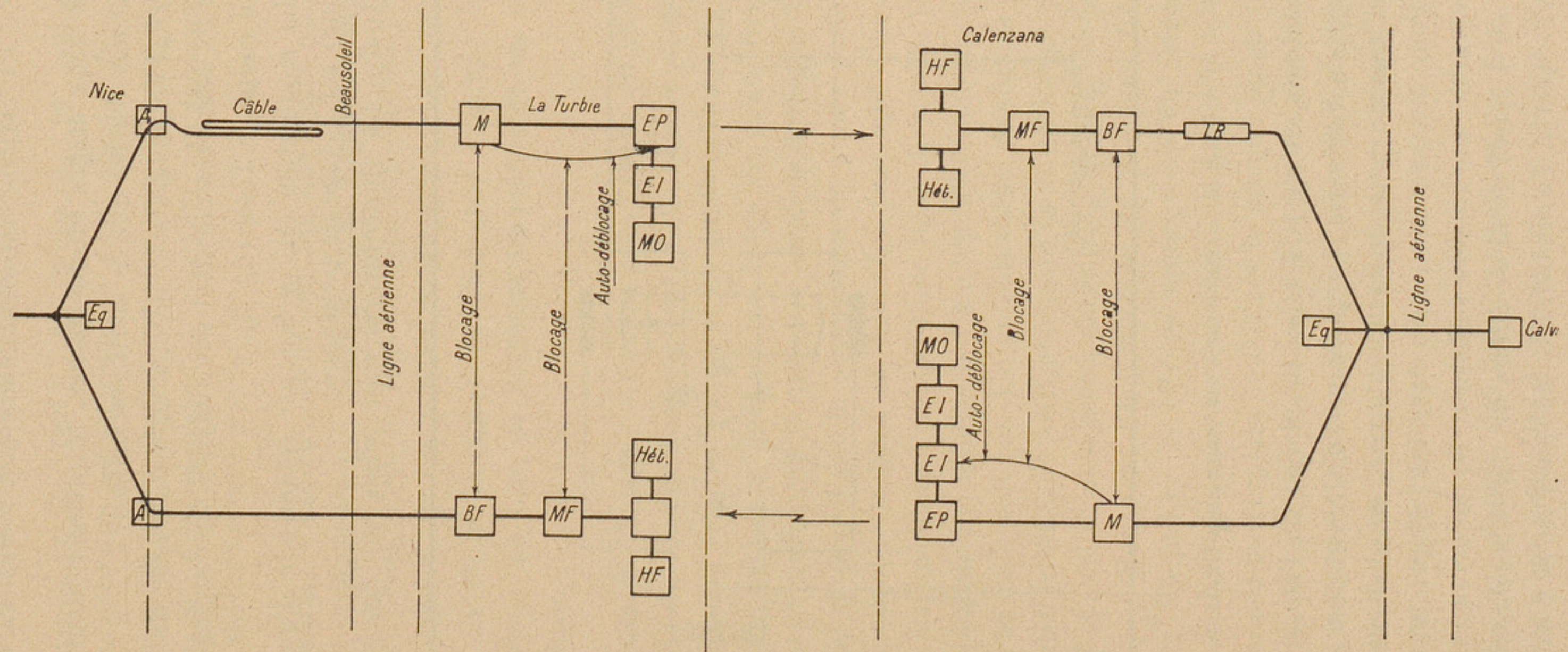


Fig. 1. — Schéma général de la liaison radiotéléphonique entre la Corse et le continent.

même deux étages intermédiaires, le premier étant équipé avec les mêmes triodes que le maître-oscillateur.

Tous ces étages sont montés en symétrique; les étages amplificateurs sont naturellement neutrodynés. Le couplage entre étages est un couplage Tesla (fig. 2).

La modulation (M) se fait par commande d'anode (système Heizing) sur l'étage de puissance.

Toutes les alimentations sont prises sur des batteries d'ac-

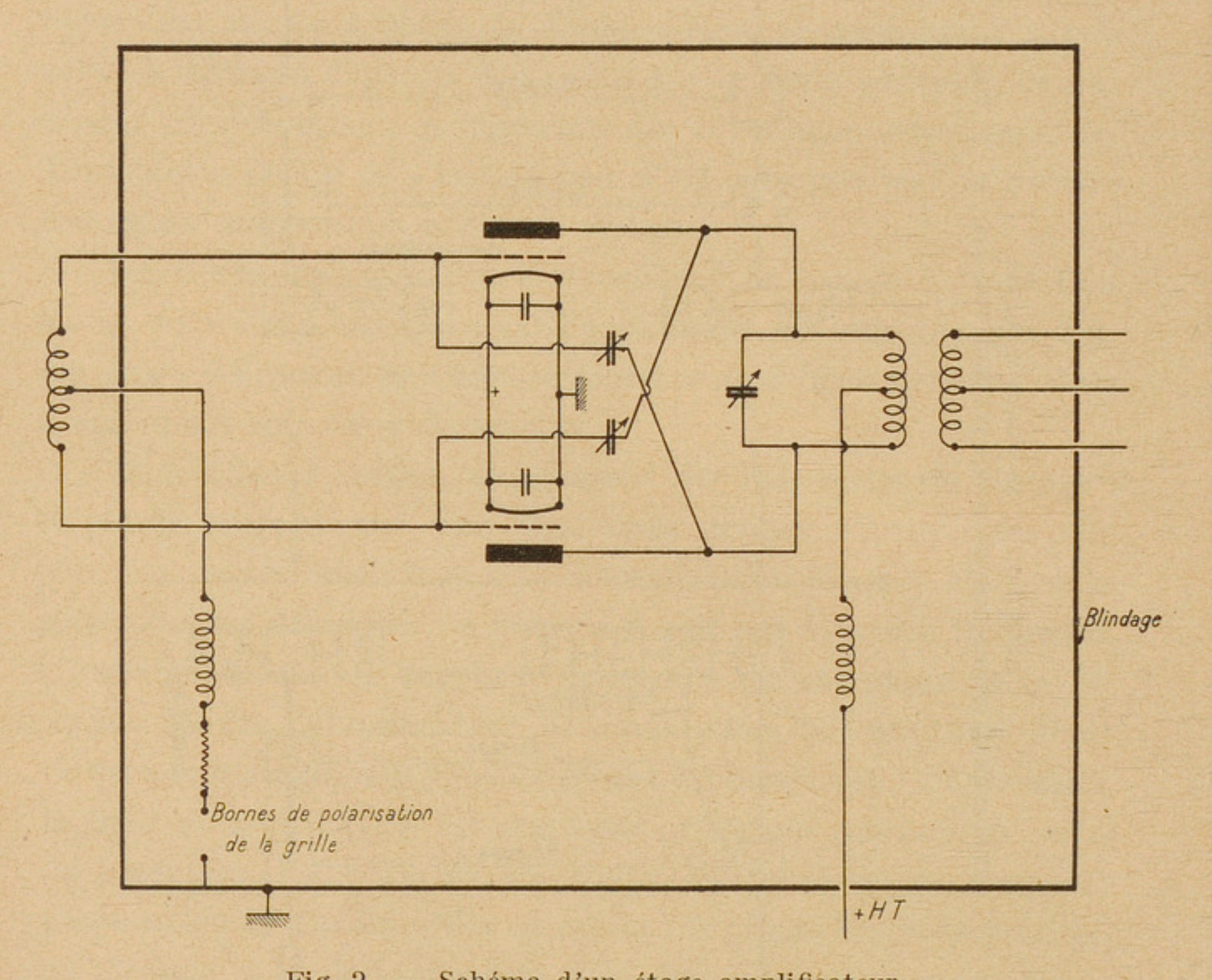


Fig. 2. — Schéma d'un étage amplificateur.

cumulateurs, même la tension de plaque de l'étage de puissance, qui est de 800 volts. La puissance d'alimentation de ce dernier étage, compte tenu de la modulatrice, est d'environ 150 watts.

Pour diminuer les pertes dans les isolants tout en assurant à l'ensemble une rigidité suffisante, les inductances sont formées de 3 ou 4 spires de fil de cuivre de 15/10 bobinées sur des mandrins de quartz. Le diamètre de ces spires est de 6 ou 8 centimètres

et leur écartement de $7^{mm},5$, de 10 ou de 15 millimètres.

Les condensateurs sont formés de deux disques de 4 centimètres de diamètre, dont on fait varier la capacité par variation de l'écartement. Condensateurs d'accord et condensateurs de neutrodyne sont d'ailleurs semblables.

Récepteurs. — Les récepteurs ont été construits au centre récepteur de Villejuif sous la direction de M. Espinasse, ingénieur des Postes et Télégraphes. Ils sont du type superhétérodyne avec hétérodyne séparée. Ils comportent un étage de haute fréquence à réaction, un étage changeur de fréquence à lampe bigrille, une hétérodyne, un bloc de moyenne fréquence et un bloc de basse fréquence.

Dispositifs de blocage. — Comme nous l'avons dit plus haut, les dispositifs de blocage comprennent, dans chaque station, un blocage de chaque voie par l'autre et un auto-déblocage de l'émission. Cet auto-déblocage agit sur un étage de haute fréquence. Cet étage est normalement bloqué et la parole le débloque. L'avantage d'un tel dispositif est la suppression de l'onde porteuse en l'absence de parole. De plus, ce déblocage peut agir d'une façon instantanée, ce qui évite l'emploi d'une ligne de retard. De fait, on n'a constaté aucune différence d'intelligibilité, que ce dispositif soit installé ou ne le soit pas. Un potentiomètre de réglage permet de faire varier le seuil de fonctionnement de ce déblocage et de le rendre ainsi insensible aux bruits parasites provenant de la ligne.

L'émission bloque le dernier étage de moyenne fréquence du récepteur. Là encore, le blocage agissant sur un étage à fréquence élevée, on a pu le rendre quasi instantané. Enfin le blocage de l'émission sur la réception se fait sur le premier étage de l'amplificateur de modulation. Ce dernier blocage impose une ligne de retard. Son seuil de fonctionnement est réglable, de sorte qu'on peut empêcher les parasites de le faire fonctionner lorsqu'ils n'ont pas un niveau trop élevé.

Contrôle et réglage des communications. — Sur chaque ligne, se trouve un voltmètre à cuproxide, qui indique le niveau

des courants de basse fréquence. Le réglage du taux de modulation se fait par un potentiomètre placé à l'entrée de l'amplificateur de modulation. Un voltmètre placé en dérivation sur une fraction de l'inductance de modulation sert de repère.

Le réglage du gain du récepteur se fait en agissant sur l'amplification du bloc de moyenne fréquence.

Le contrôle accoustique est en outre assuré d'une façon continue. A Calenzana, l'écoute se fait sur la ligne à deux fils elle-même. A la Turbie, l'opérateur est muni d'un casque dont les deux écouteurs sont séparés, chaque écouteur se trouvant sur une des voies. De plus, on peut contrôler l'émission en l'écoutant sur une réception de contrôle.

Parasites. — Sur ces ondes, les parasites atmosphériques sont insensibles. Des écoutes ont même pu être faites alors que la station de réception se trouvait en plein orage.

Il n'en est pas de même, malheureusement, pour les parasites d'origine industrielle. Les moteurs à essence, notamment, engendrent des bruits excessivement forts. Quand ces moteurs étaient fixes, il a été possible de supprimer la gêne qu'ils produisaient en intercalant une résistance de 10.000 chms dans le circuit de la bougie. Un moteur situé à 200 mètres de la station de Calenzana, exactement en face de l'antenne, ne cause plus aucune gêne depuis qu'il a été muni d'un dispositif de ce genre, alors qu'auparavant il rendait par moment toute communication impossible.

Les moteurs mobiles, qui ne sont naturellement pas munis de ce dispositif, gênent considérablement la réception, notamment les canots automobiles du port de Monaco.

D'autres bruits d'origine industrielle se manifestent également à la Turbie. Ils proviennent de l'agglomération Monaco-Monte-Carlo. Diverses expériences, faites notamment sur la route du mont Agel, ont montré que ces bruits disparaissent très rapidement dès que l'antenne n'est plus en visibilité de la principauté. Ces bruits ont probablement comme origine les moteurs électriques, tramways et tubes à néon de Monte-Carlo.

Propagation. — Malgré les très nombreuses heures d'écoute qui ont été faites depuis deux ans, il n'a pu être trouvé de règles fixes pour la propagation. Celle-ci est très variable. Il semble cependant que la propagation soit meilleure en été qu'en hiver, ou plus exactement par temps sec que par temps humide. L'influence de l'humidité sur l'intensité de réception est peut-être due plutôt à des causes propres aux postes eux-mêmes qu'à la propagation (mauvais isolement de l'antenne, pertes dans les récepteurs). Il est à remarquer cependant que la liaison a pu s'effectuer dans de très bonne conditions un jour de janvier dernier où la Turbie était sous la neige ; les isolateurs d'antennes étaient transformés en bloc de glace. Il en a été de même pendant la fusion de cette neige.

Il a été constaté également et assez souvent des évanouissements sélectifs. Le minimum de réception, qui est parfois un silence absolu, se produit sur les deux ondes avec quelques minutes d'intervalle. Il est d'ailleurs fort rare que cet évanouissement n'affecte qu'une seule des deux longueurs d'ondes. Sa durée totale a rarement excédé 20 à 25 minutes. On l'a constaté à des heures très différentes de la journée.

MESURE DE LA PHASE ET DE L'AMPLITUDE DE HAUT-PARLEURS ÉLECTRODYNAMIQUES, [1]

par W. BINDER.

Les points de résonance des haut-parleurs électrodynamiques sont situés, en général, dans la bande des fréquences très basses. On utilise exprès ce fait pour augmenter l'amplitude des vibrations de la membrane aux basses fréquences, afin de compenser, dans une certaine mesure, la forte diminution de la résistance de rayonnement qui se produit dans cette bande de fréquences. La preuve que l'on obtient ainsi des résultats satisfaisants est que, pour les basses fréquences, les courbes des pressions acoustiques en fonction de la fréquence sont moins tombantes que celles qu'on aurait avec des haut-parleurs n'ayant pas de points de résonance. D'ailleurs la conséquence de la diminution de la résistance de rayonnement est que, dans la partie de la courbe des pressions acoustiques correspondant à la période des oscillations propres du haut-parleur, on n'a qu'une pointe très peu prononcée. Néanmoins, à cause des phénomènes transitoires pendant l'établissement et la cessation des oscillations, l'effet de la résonance est gênant, surtout quand l'amortissement du système mécanique du haut-parleur est faible. De là provient principalement le fait, confirmé par l'expérience, que certains haut-parleurs électrodynamiques, surtout lors de la reproduction de la parole, émettent des sons désagréables et retentissants.

Quand on cherche à déterminer les points de résonance, il est recommandable de mesurer directement l'amplitude des vibrations de la membrane du haut-parleur et non la pression acoustique produite à une distance déterminée, parce que la résistance de rayonne-

1. Traduction d'un article paru dans la *Physikalische Zeitschrift* (février 1932).

ment intervient aussi dans cette dernière mesure. L'effet de résonance se fait remarquer évidemment non seulement dans la courbe de amplitudes, mais aussi dans la courbe des phases, c'est-à-dire dans la courbe donnant des déphasages entre l'amplitude de la vibration mécanique et l'intensité du courant électrique. Dans ce qui suit, on décrit un dispositif stroboscopique, qui permet de tracer d'une façon simple ces deux courbes (1).

Ce dispositif de mesures est représenté schématiquement sur la figure 1. Deux rayons lumineux sont émis par deux lampes à arc B et C. Ces rayons passent respectivement à travers les fentes R et Q.

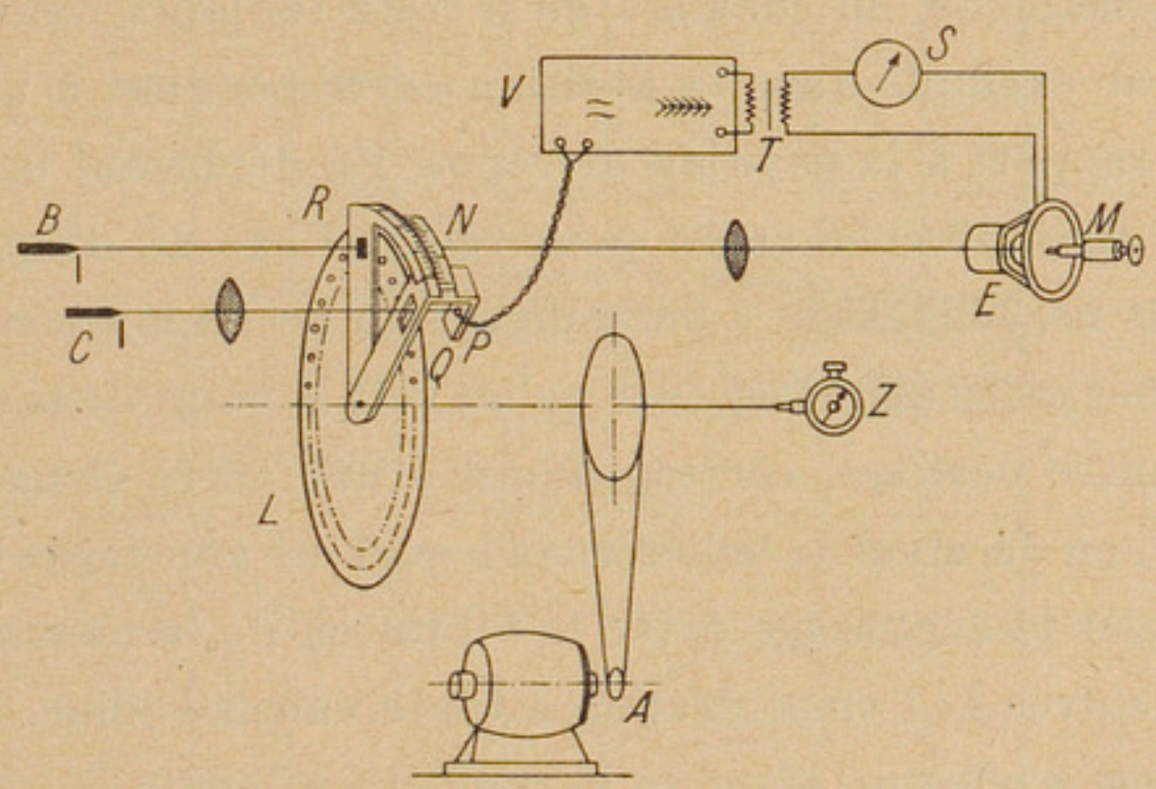


Fig. 1. — Schéma du dispositif d'essais pour l'étude des courbes des amplitudes et des phases de haut-parleurs.

et sont interrompus à la même fréquence par un disque perforé L tournant derrière les fentes. Le rayon lumineux qui traverse la fente Q tombe sur une cellule photoélectrique P. Le courant alternatif engendré par cette cellule photoélectrique est amplifié dans un amplificateur V et envoyé à travers le transformateur de sortie T et un ampèremètre S, dans la bobine mobileE du haut-parleur électrodynamique étudié. En donnant à la fente et aux trous du disque perforé des formes convenables, on obtient un courant

1. Ce procédé a été perfectionné, suivant les indications de M. von Ardenne, pour pouvoir être appliqué à l'étude des membranes des haut-parleurs (voir M. von Ardenne, *Funbastler*, 1930, n° 34 ; voir aussi B. Voigt, *Zeitschrift für technische Physik*, 1931, n° 76).

photoélectrique suffisamment sinusoïdal. L'autre rayon lumineux traverse la fente R et tombe directement sur la membrane du haut-parleur. Grâce à ce procédé, la membrane du haut-parleur vibre à la même fréquence avec laquelle elle est éclairée, c'est-à-dire qu'elle semble être immobile (stroboscopie). Si, en utilisant une fente R très étroite et des trous dans le disque très fins, on rend très petits les intervalles de temps pendant lesquels la membrane est éclairée, on obtient un point lumineux très net et absolument immobile. En observant ce point, perpendiculairement au sens de son déplacement, avec un microscope M muni d'un oculaire micrométrique, on constate qu'il reste toujours dans la même position, par exemple dans la position correspondant à une élongation a par rapport à la position de repos. En déplaçant la fente Q le long d'une circonférence ayant pour centre l'axe du disque perforé, on introduit un déphasage φ par rapport au rayon lumineux passant par R. L'effet de ce déphasage est qu'on voit le point de la membrane dans une autre position, correspondant à une autre élongation. Par conséquent, en décalant le levier dans lequel est aménagée la fente Q, on peut régler le déphasage entre la vibration de la membrane et la tension à l'entrée de l'amplificateur à toute valeur voulue. La mesure du déphasage s'effectue alors de la manière suivante.

On fixe avec l'oculaire micrométrique la position de repos de la membrane, qu'on obtient simplement en masquant le rayon lumineux tombant sur la cellule photoélectrique et en supprimant ainsi la vibration de la membrane du haut-parleur. En faisant vibrer ensuite la membrane du haut-parleur, on règle la phase de façon que le point observé se trouve dans la position de repos (correspondant à l'élongation zéro). On n'a qu'à supprimer et rétablir successivement le rayon lumineux tombant sur la cellule, en faisant varier en même temps la phase par un déplacement de la fente Q, jusqu'à ce que le point observé de la membrane semble immobile. De cette façon, on peut obtenir un réglage très précis. Si l'on veut déterminer la valeur absolue du déphasage, il faut mesurer l'angle compris entre les deux fentes R et Q. Dans le cas présent, on n'a pas effectué la mesure absolue du déphasage, parce qu'il s'agissait seulement de déterminer l'allure de la courbe des déphasages en fonction de la fréquence.

Pour mesurer l'amplitude de vibration, on fait varier, pour chaque fréquence, la phase de façon que le point observé se déplace à partir d'une position extrême (correspondant à l'élongation maximum) en passant par la position de repos jusqu'à l'autre position extrême. La distance entre les deux positions extrêmes est égale à deux fois l'amplitude qui peut aussi être lue exactement dans l'oculaire micrométrique.

On détermine pour différentes fréquences les amplitudes de

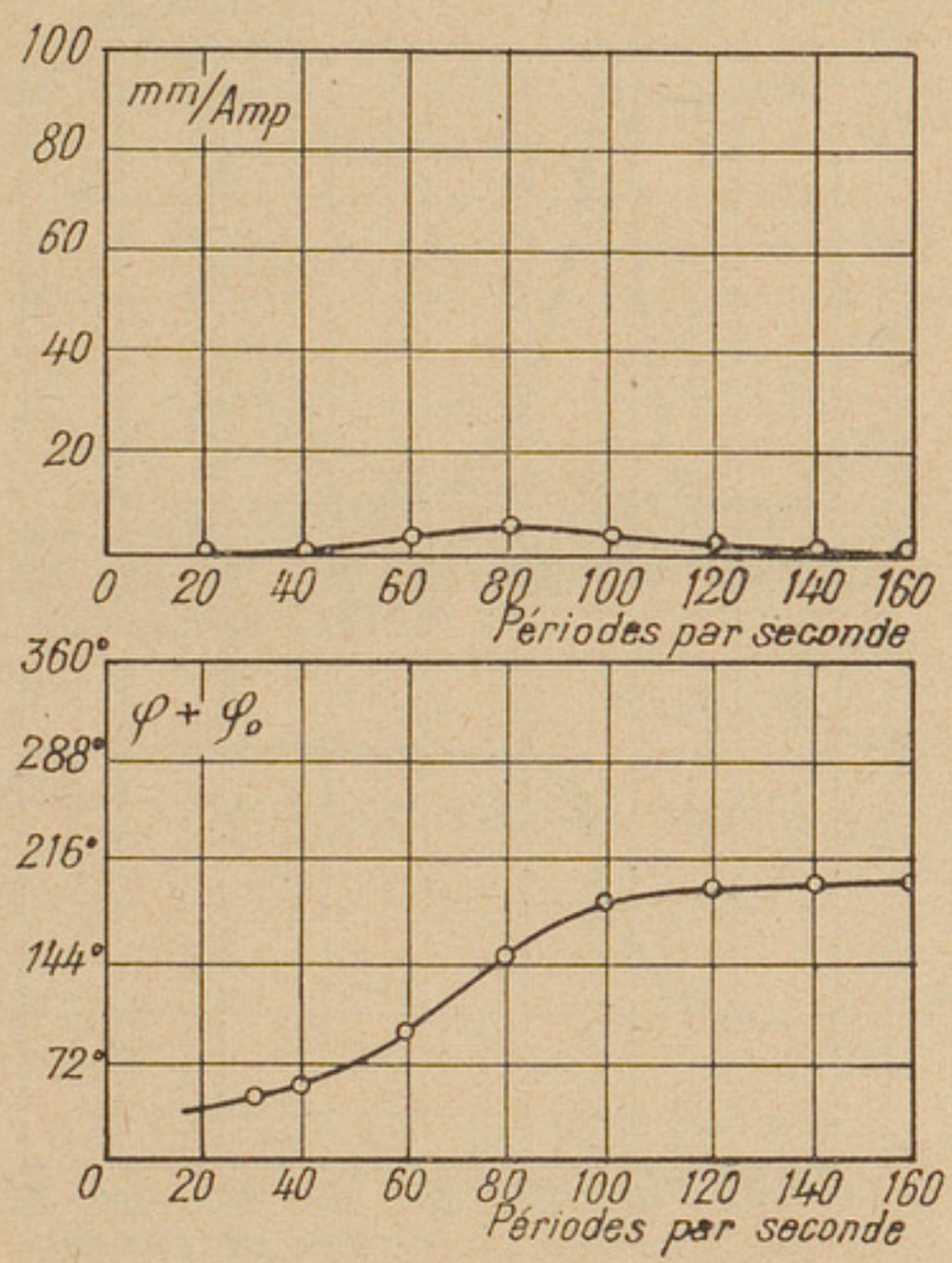


Fig. 2. — Courbes des amplitudes et des phases d'un haut-parleur électrodynamique.

vibration mécanique et les déphasages de la vibration mécanique par rapport au courant électrique ; la fréquence est donnée par le nombre de tours et le nombre de trous du disque. Pour obtenir les déphasages du haut-parleur proprement dit, il faut encore éliminer les déphasages introduits par l'amplificateur lui-même. On effectue cette correction en relevant les oscillogrammes des tensions à l'entrée et à la sortie de l'amplificateur. Les valeurs des amplitudes des tensions sont rapportées, pour toutes les

fréquences, à la même intensité du courant dans le circuit de sortie.

Les figures 2 à 4 donnent, à titre d'exemple, quelques résultats des mesures effectuées sur les haut-parleurs électro-dynamiques. Les amplitudes sont exprimées en millimètres par ampère ; les déphasages, en degrés. On a désigné par φ_0 la phase initiale arbitraire (angle entre les fentes R et Q).

La figure 3 se rapporte à un haut-parleur très peu amorti ; la

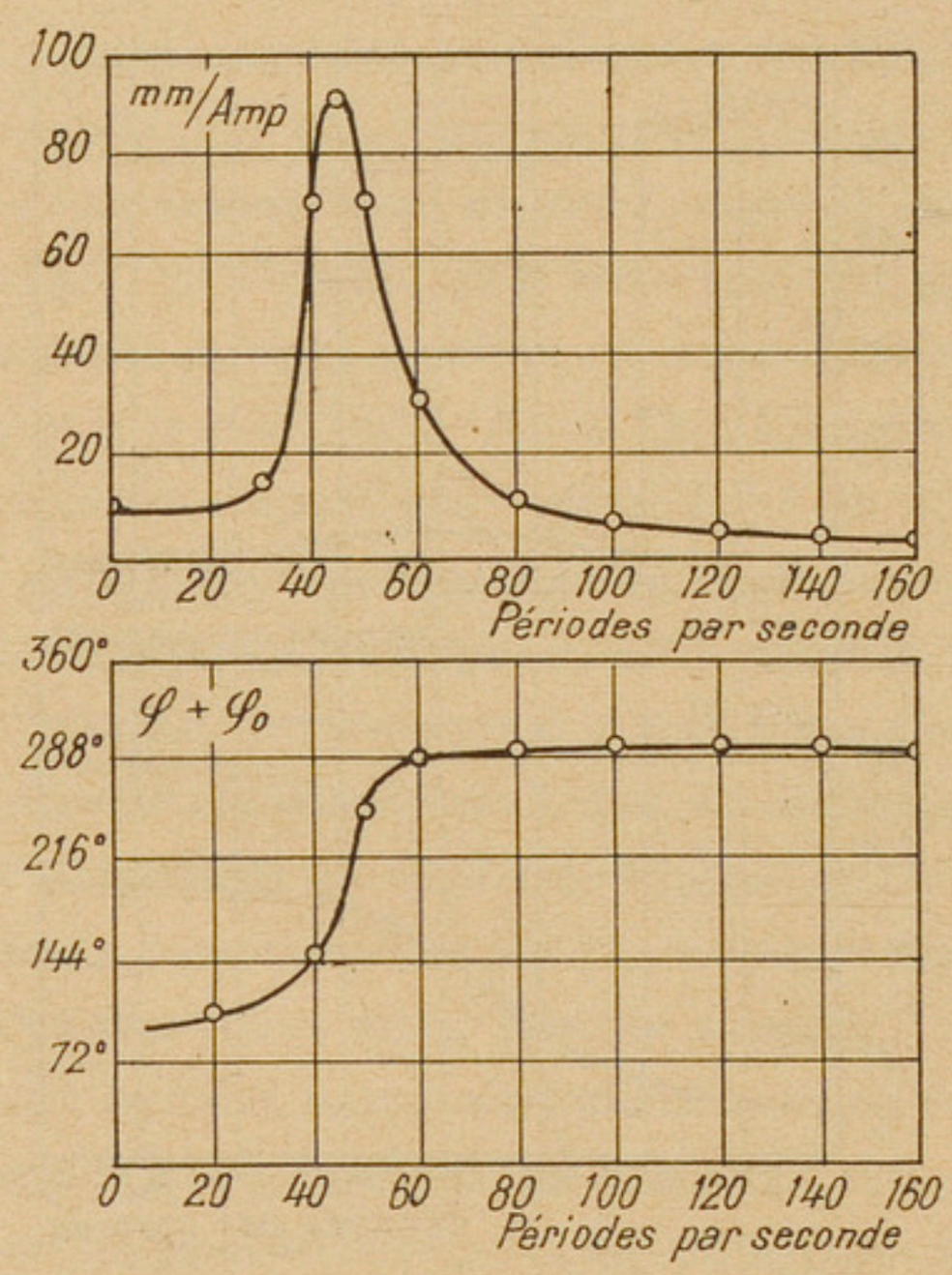


Fig. 3. — Courbes des amplitudes et des phases d'un haut-parleur électrodynamique.

variation de phase brusque dans le voisinage du point de résonance se produit par suite dans une bande de fréquences étroite. La figure 3, par contre, représente les courbes (beaucoup meilleures) relatives à un haut-parleur dont la membrane est bien fixée et dont l'amortissement est beaucoup plus grand. La variation de phase au voisinage de la résonance est beaucoup plus lente et elle se produit dans une bande de fréquences plus large. Les phénomènes transitoires sont donc ici considérablement réduits. La courbe A de la figure 4 montre l'in-

fluence de l'écran acoustique (Schallschirm). La résistance de rayonnement d'un haut-parleur sans écran acoustique est plus petite que celle d'un haut-parleur avec écran acoustique (courbe B), à cause de l'effet d'égalisation des pressions de l'air au voisinage et autour de la membrane, d'où résulte une plus grande amplitude.

Ce procédé de mesure convient principalement dans le cas des sons de basses fréquences, puisque pour ces fréquences les amplitudes

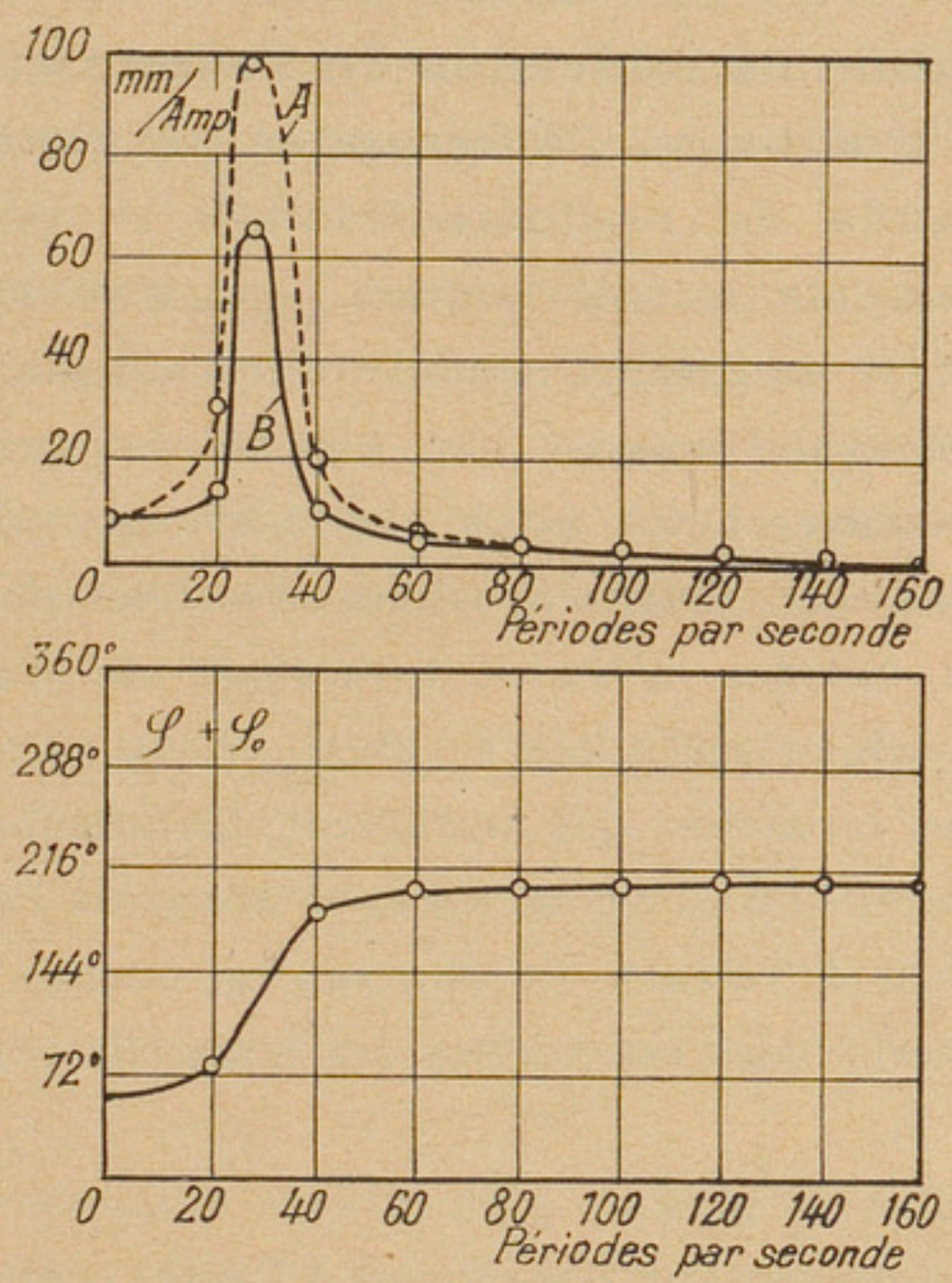


Fig. 4. — Courbes des amplitudes et des phases d'un haut-parleur électrodynamique.

de vibration de la membrane sont grandes ; il est difficile d'étudier avec ce procédé le fonctionnement des haut-parleurs aux hautes fréquences.

Les recherches décrites ci-dessus furent effectuées à la suite d'une proposition faite par M. E. Meyer.

25 novembre 1931.

INFORMATIONS.

L'exposition de télévision de l'administration allemande des Postes et Télégraphes (9e grande exposition allemande de radioélectricité). — A la 9e grande exposition allemande de radioélectricité qui s'est tenue à Berlin à la fin de l'été de 1932, l'administration allemande des Postes et Télégraphes avait organisé une importante section de télévision, pour montrer l'état actuel, en Allemagne, de cette technique toute nouvelle. Cette exposition de télévision comprenait un stand du Service d'études techniques de l'administration allemande (Reichpostzentralamt), ainsi qu'un stand de chacune des firmes suivantes, qui fabriquent dès maintenant en Allemagne des appareils de télévision : Société anonyme Fernseh, Société Telefunken, Société TeKaDe de Nuremberg, Société Lœwe-Radio.

Les caractéristiques essentielles des appareils exposés sont les suivantes :

1° On utilise de plus en plus la « vis à miroir » (empilement de miroirs plans décalés l'un par rapport à l'autre comme les marches d'un escalier en colimaçon ou en spirale) et la roue à miroir de Weiller, de préférence au disque de Nipkow, car ces dispositifs à réflexion donnent, en général, des images plus brillantes que les disques perforés. L'oscillographe cathodique à écran fluorescent tend également à se répandre, surtout comme dispositif récepteur de télévision pour amateur.

2° On décompose l'image, à la transmission, en un nombre de points beaucoup plus élevé que naguère, afin d'obtenir une meilleure netteté ou finesse des images au poste récepteur correspondant. L'image est maintenant presque toujours décomposée en 10.000 éléments, groupés en 90 lignes ; en outre, l'image est transmise intégra-

lement 25 fois par seconde, tandis qu'auparavant on se contentait de 16 à 20 images par seconde.

3° Tous les appareils récepteurs de télévision exposés étaient montrés en fonctionnement ; ils reproduisaient les images animées transmises par la nouvelle station de radiodiffusion à ondes très courtes que l'administration allemande avait inaugurée précisément pour cette exposition ; cette station émet sur l'onde de $6^{m},985$) ; le courant modulateur peut comporter des composantes dont la fréquence va jusqu'à 300.000 périodes par seconde, et la modulation à ces fréquences élevées est encore très satisfaisante.

4° La synchronisation entre le poste émetteur de télévision et les postes récepteurs à organes mécaniques tournants exposés était effectuée d'une manière très simple : les parties mécaniques de tous ces postes étaient entraînées par des moteurs synchrones alimentés sur le même réseau de distribution de courant alternatif (réseau de la ville de Berlin).

(*Telegraphen- und Fernsprechtechnik*, octobre 1932).

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

732.444. Perfectionnements aux systèmes pour bureaux centraux assurant des transmissions téléphoniques et télégraphiques combinées (Le Matériel téléphonique, France).

732.859. Perfectionnements aux systèmes télégraphiques (Le Matériel téléphonique, France).

733.339. Nouveau système pour la sélection des signaux télégraphiques (H.-J.-J.-M. de Regnauld de Bellescize, France).

733.842. Distributeur synchrone pour installations de télégraphie et de signalisation à distance (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

Téléphonie.

732.407. Perfectionnements apportés aux appareils électriques du genre conjoncteurs ou semblables, notamment aux clés téléphoniques (Association des ouvriers en instruments de précision, France).

732.482. Perfectionnements dans les microphones (W. R. Lane, Etats-Unis).

732.592. Dispositif de protection contre le vent pour un microphone (Radio Corporation of America, Etats-Unis).

732.798. Système d'intercommunications téléphoniques non soumis aux bruits extérieurs, et spécialement applicable aux appareils de navigation aérienne (La Radio-industrie, France).

732.899. Perfectionnements aux micro-téléphones (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

732.906. Perfectionnements aux microtéléphones ou aux appareils téléphoniques combinés (Le Matériel téléphonique, France).

733.139. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Associated electric laboratories, Etats-Unis).

733.173. Dispositif destiné à compenser la distorsion dans les lignes électriques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

733.251. Installation de lignes téléphoniques ou autres connexions électriques de transmission de signaux comportant des amplificateurs (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

733.325. Arrangements de circuits pour des systèmes téléphoniques, automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

733.433. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

733.448. Dispositif amplificateur correcteur de distorsion (Compagnie Radio-cinéma, France).

733.505. Fiche de branchement d'un deuxième émetteur d'impulsions sur un poste téléphonique automatique (A. Boyé, France).

733.549. Emetteurd' impulsions de courant à clavier (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

733.556. Appareil combinateur d'envois ou de coupures de courant électrique (A. Sidot et R. Taranne, France).

733.592. Perfectionnements aux appareils téléphoniques (Le Matériel téléphonique, France).

733.592. Perfectionnements aux appareils téléphoniques (Le Matériel téléphonique, France).

733.606. Perfectionnements aux anciennes installations téléphoniques réunies à un réseau automatique (Magnéta-téléphone, France).

733.643. Perfectionnements aux dispositifs pouvant occuper de multiples positions, tels que ceux utilisés dans les bureaux centraux téléphoniques du genre automatique (Le Matériel téléphonique, France).

733.741. Mode de montage pour centraux à amplificateurs à cordons (Allgemeine Elektricitats Gesellschaft, Allemagne).

733.820. Dispositif pour régir des opérations de commutation dans les installations téléphoniques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

733.882. Dispositif de support pour récepteurs téléphoniques (J. H. Bennett et J. H. Agar, Angleterre).

734.267. Applique d'éclairage électrique pour appareils et postes téléphoniques (M.-R. Pignol et E. Baudot, France).

734.317. Perfectionnements aux dispositifs de réglage des relais (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

Transmission des images.

732.780. Réglage automatique de l'amplification dans les amplificateurs d'émetteurs télécinématographiques (Fernseh A.G., Allemagne).

732.823. Procédé d'exploration et de reproduction de textes imprimés (R. E. Naumbourg, Etats-Unis).

733.118 et 733.119. Perfectionnements aux systèmes de télévision et autres systèmes analogues (R. Lyon et A.T. Stoyanowsky, France).

733.199. Lampes à colonne positive modulatrices et photo-électriques (J.-B.-J.-M. Abadie, France).

733.540. Procédé de synchronisation pour la télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

733.737. Dispositif électrique de télévision sans fil (L. Koeped, Allemagne).

733.837. Perfectionnements aux régulateurs de vitesse (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

734.056. Réglage de la largeur des lignes dans les dispositifs de décomposition ou de recomposition d'images au moyen de miroirs en mouvement, pour la télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

734.155. Roue à miroirs, en particulier pour la télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

734.239. Procédé de télévision (M. von Ardenne, Allemagne).

734.319. Dispositif permettant la transformation de signaux d'intensité variable en signaux de durée variable et d'intensité constante utilisable notamment pour la transmission d'images en demi-teintes (Etablissements Edouard Belin, France).

40.952. Perfectionnements aux dispositifs pour la transmission d'images (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (1re addition au brevet n° 667.930).

RADIOCOMMUNICATIONS.

732.464. Dispositif de couplage pour postes secteur (P. Buis, France).

732.651. Dispositif servant à éliminer l'action nuisible des fréquences perturbatrices qui se produisent de façon parasite dans les installations électriques et électro-acoustiques (H. Guggenheim, Suisse).

732.877. Dispositif de repérage automatique pour postes de T.S.F. (Etablissements Herbelot et Vorms, France).

732.884. Combinaison nouvelle d'un cordon de prise de courant et d'une antenne de réception pour postes de téléphonie sans fil alimentés sur secteur (P. Ravet, France).

733.007. Dispositif préliminaire pour la réception des ondes ultra-courtes (M. von Ardenne, Allemagne).

733.154. Perfectionnement aux systèmes à ondes ultra-courtes (Radio-patents corporation et M. H. E. Hollmann, Etats-Unis).

733.194. Nouveau procédé de réception pour changement de fréquence (A. Blondel, France).

733.214. Perfectionnements aux radiogoniomètres (E. Bellini, France).

733.258. Tube électronique pour ondes courtes (J. Pintsch A. G., Allemagne).

733.292. Perfectionnements aux systèmes de signalisation à hautes fréquences (Le Matériel téléphonique, France).

733.321. Détecteur de T.S.F. (E.-V.-J. Barbon, France).

733.626. Perfectionnements aux systèmes de signalisation utilisant des ondes modulées (Le Matériel téléphonique, France).

733.702. Perfectionnements aux récepteurs d'oscillations de haute fréquence (R. Barthélemy, France).

733.712. Récepteur syperhétérodyne (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

733.713. Amplificateur à moyenne fréquence (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

733.714. Perfectionnements aux amplificateurs des signaux électriques munis de tubes à grille-écran (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

733.719. Dispositifs pour la production d'oscillations à haute fréquence modulées (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France).

733.746. Dispositif destiné, plus particulièrement, au réglage de l'intensité sonore dans les systèmes de transmission à basse fréquence (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

733.759. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique (Automatic electric company, Angleterre).

733.845. Filtre pour ondes radiophoniques permettant d'éliminer des stations locales et de séparer et capter des stations dont les longueurs d'ondes sont très voisines (F. Keller et L. Keller, Allemagne).

733.969. Perfectionnements aux dispositifs de commande automatique du niveau d'amplification applicables aux récepteurs à haute fréquence (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre).

734.123. Perfectionnements aux appareils récepteurs de signaux par ondes électriques (British radiostat corporation, Angleterre).

734.132. Perfectionnements aux postes récepteurs de T.S.F. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

734.164. Tube à décharges électriques permettant d'engendrer, de recevoir ou d'amplifier des oscillations électriques (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

734.272. Oscillateur ou résonateur piézoélectrique (Société Carl Zeiss, Allemagne).

734.320. Bande antenne pour intérieurs (L.-J. Poillevey, France).

734.346. Filtre électrique (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

40.856. Perfectionnements aux postes émetteurs radiotélégraphiques (Anciens établissements Barbier, Benard et Turenne, France) (1re addition au brevet n° 707.702).

40.857. Perfectionnements aux moyens de limiter la valeur maxima des intensités de signaux (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (4e addition au brevet n° 650.328).

40.874. Montage récepteur pour ondes d'ordres de grandeur différents (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne) (1re addition au brevet n° 709.545).

40.875. Perfectionnements aux montages d'antennes directives (Telefunken Gesellschaft, für drahtlose Telegraphie, Allemagne) (2e addition au brevet n° 673.462).

Divers

732.811. Installation de commande à distance pour l'exécution de certaines opérations à des postes récepteurs éloignés d'un poste central émetteur, en utilisant un réseau de courant alternatif (E. Whitby, I.A.D. Pedler, E.J. Selston et L.R. Lester, Angleterre).

733.929. Perfectionnements aux appareils pour transformer des vibrations sonores en variations d'énergie électrique (Radio corporation of America, Etats-Unis).

BIBLIOGRAPHIE.

Manuel-agenda du personnel des P.T.T., 1933 (5e année), par R. Menou, G. Calvel et L. Naud. Paris, Courrier des examens, 1933. 1 vol. in-16 de 296 pages, plus l'agenda. — Prix (relié en toile) : 10 francs.

Dans le numéro de janvier 1932 des *Annales*, nous avons déjà dit tout le bien que nous pensions du *Manuel-agenda* édité par le Courrier des examens. Nous nous contenterons donc aujourd'hui d'en signaler une nouvelle édition, à jour au 1er décembre 1932, et qui, comme les précédentes, se recommande par le soin apporté à sa présentation et par la précision des renseignements qu'elle contient. Présenté sous la forme d'un élégant carnet de poche, cet ouvrage comprend l'agenda proprement dit pour l'année 1933 et une partie documentaire où, en 296 pages de texte, sont traitées les matières suivantes, qui intéressent tout le personnel : Organisation de l'administration des Postes et Télégraphes ; Recrutement du personnel ; Législation (nominations, mutations, dérogations, avancement, congés, discipline, pensions, accidents du travail, émoluments du personnel, indemnités et remises) ; Taxes postales, télégraphiques et téléphoniques ; La mutualité dans l'administration des P.T.T..

F. D.

Notes sommaires sur la théorie de la transmission téléphonique, par W. T. Palmer. Londres, Electrical review, 1932. 1 vol. in-8° de 165 pages, avec 70 figures.

L'auteur a réuni dans ce livre une série de courtes notes publiées antérieurement dans le *Post électrical engineers' journal.* Ces notes, spécialement écrites pour des étudiants, renferment l'éssentiel de ce que doit connaître un ingénieur en matière de transmission téléphonique (propagation, distorsions, charge, lignes artificielles,

système de référence, filtres, répéteurs, diaphonie, échos, mesures diverses). Une liste bibliographique soigneusement établie accompagne chacun des chapitres de cet excellent petit manuel.

R. B.

L'idée générale de la mécanique ondulatoire et ses premières applications, par MARCEL BOLL. Paris, Hermann et Cie, 1932. 1 vol. petit in-8° de 74 pages. — Prix : 15 francs.

Cet ouvrage rassemble et expose d'une façon élémentaire et très synthétique les théories qui servent de base à la mécanique ondulatoire. Après avoir exposé dans les premiers chapitres les points communs entre l'optique et la mécanique, les relations d'incertitude et les niveaux d'énergie, l'auteur cite deux applications de ces théories : valence et affinité chimique d'une part, conduction électrique des métaux d'autre part. H. S.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 21-1-33.

LE SERVICE BELGE DES CHÈQUES POSTAUX EN 1932,

par A. CABANNE,
sous-chef de bureau au ministère
des Postes et Télégraphes.

SOMMAIRE :

I. RENSEIGNEMENTS D'ORDRE GÉNÉRAL.
- A. HISTORIQUE SOMMAIRE.
- B. LES TAXES ORIGINELLES ET LES TAXES ACTUELLES.
- C. LES RÉSULTATS FINANCIERS DE L'EXPLOITATION.
- D. LES RÉSULTATS (TRAFIC ET MONTANT DES TROIS DERNIÈRES ANNÉES ET DE L'ANNÉE 1932).

II. LA PARTICIPATION DES PERCEPTIONS DE POSTE AU SERVICE DES CHÈQUES POSTAUX.
- A. OUVERTURE DES COMPTES.
- B. VERSEMENTS.
  1. *Par bulletins de versement.*
  2. *Par cartes-récipissés.*
     - a) Dépôt et acheminement.
     - b) Présentation.
  3. *Registres et états de comptabilité.*
- C. PAYEMENTS.
  1. *Expédition.*
  2. *Arrivée, distribution.*
  3. *Payement.*
  4. *Registres et états de comptabilité.*

III. L'OFFICE DES CHÈQUES POSTAUX PROPREMENT DIT.
- A. L'OFFICE, BRANCHE DE LA POSTE.
- B. LE PERSONNEL (TITULAIRE ET AUXILIAIRE).
  1. *La hiérarchie, les avantages spéciaux et les congés du personnel titulaire.*
  2. *L'utilisation et la rétribution du personnel auxiliaire.*
  3. *Les effectifs (personnel titulaire et personnel auxiliaire).*
  4. *Le personnel féminin et le personnel masculin.*
- C. L'ORGANISATION INTÉRIEURE.
- D. LES CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DES DIVERS SERVICES.
  1. *Contentieux.*
  2. *Secrétariat.*
  3. *Arrivée.*
  4. *Comptes courants.*

     La subdivision 1 :
     - a) La « triplette ».
     - b) La brigade.

c) Le nombre de triplettes mécanisées.
d) Les méthodes de travail de la triplette (exposé schématique).
e) Les machines comptables.
f) La feuille et l'extrait de compte.

Les subdivisions 2, 3, 4 et 5.
Le groupe de travail français.

5. *Collectifs.*
   a) Chèques collectifs.
   b) Virements collectifs.
6. *Contrôle des bulletins de versement.*
7. *Contrôle des assignations payées.*
8. *Section centrale.*
9. *Economat.*
10. *Payements à vue.*

IV. COMPARAISON ENTRE LES SERVICES BELGE ET FRANÇAIS POUR CE QUI CONCERNE LES FACILITÉS OFFERTES AUX USAGERS.

1. *Facilités offertes par le service belge et non accordées en France.*
2. *Facilités offertes par le service français et non accordées en Belgique.*

V. CONCLUSIONS.

I. RENSEIGNEMENTS D'ORDRE GÉNÉRAL.

A. Historique sommaire.

Le premier projet d'institution en Belgique d'un service de chèques postaux a été présenté à la Chambre des représentants en 1896 par M. H. Denis, député. Rejeté par le gouvernement, il fut repris sans succès par son auteur en 1903, puis en 1906.

En 1912, M. de Saedeleer, ancien président de la Chambre des représentants, déposait à son tour une proposition de création d'un organisme de l'espèce, laquelle ne vint pas en discussion.

Enfin, après l'envoi d'une mission en Allemagne de deux hauts fonctionnaires de l'administration des Postes, M. Segers, ministre, présenta au parlement un projet qui est devenu la loi du 28 décembre 1912 créant le service des chèques et virements postaux, loi mise en application par l'arrêté du 25 février 1913.

Le service commença à fonctionner le 16 avril 1913. Il fut suspendu du mois d'août 1914 au 2 janvier 1919, par suite de l'occupation de la quasi-totalité du territoire par les Allemands.

La réglementation a été modifiée à différentes reprises par des arrêtés royaux, dont voici les principaux :

Arrêté du 27 février 1914, instituant la franchise de port pour les correspondances expédiées par les titulaires de comptes aux bureaux de chèques et réciproquement ;

Arrêté du 2 janvier 1919, portant création d'un service d'encaissements au moyen de cartes-récépissés ;

Arrêté du 20 mai 1919, instituant la gratuité des virements ;

Arrêtés des 27 février 1914, 23 mars 1920 et 27 juin 1921, réduisant le dépôt de garantie exigé des titulaires de comptes à 50 francs, à 20 francs et enfin à 10 francs ;

Arrêté du 28 octobre 1930, élevant de 10.000 à 100.000 francs le maximum des chèques à émettre pour les retraits de fonds en espèces ;

Arrêtés de diverses dates, notamment des 28 octobre 1930 et 17 octobre 1931, augmentant successivement les taxes des bulletins de versement et des cartes-récépissés, ainsi que le droit fixe des payements en espèces, pour les rendre finalement, compte tenu du changement de valeur de l'unité monétaire, à peu près équivalentes à celles qui étaient perçues avant la guerre.

B. Les taxes originelles et les taxes actuelles.

Le tableau suivant indique les taxes originelles et les taxes actuelles appliquées aux opérations fondamentales du service :

TAXES ORIGINELLES :	TAXES ACTUELLES :
A. VERSEMENTS (montant illimité) :	
1° *Par bulletins de versement :*	
Taxe fixe de 10 centimes (arrêté royal du 25 février 1913).	Taxe fixe de : 50 centimes jusqu'à ..... 50f 75 centimes au delà de ..... 50f (arrêté royal du 17 octobre 1931, entré en vigueur le 9 novembre 1931).

TAXES ORIGINELLES :	TAXES ACTUELLES :
A. VERSEMENTS (montant illimité) :	
2° *Par cartes-récépissés :*	
Taxe fixe de 20 centimes (maximum : 1.000f) (arrêté royal du 2 janvier 1919).	Montant illimité (arrêté royal du 15 mai 1920). Jusqu'à 1.000f ..... 0f,75 De 1.000,01 à 2.000f..... 1f Au delà de 2.000f et par 1.000f en plus ..... 0f,50 (arrêté royal du 17 octobre 1931).
B. VIREMENTS.	
Taxe fixe de 5 centimes (arrêté royal du 25 février 1913).	Gratuit (arrêté royal du 20 mai 1919).
C. RETRAITS DE FONDS.	
a) Taxe fixe de 10 centimes et, en outre : b) Taxe proportionnelle de 1 /10 0 /00 de la somme payée. Maximum : 10.000 francs (arrêté royal du 25 février 1913).	a) Taxe fixe de 75 centimes et, en outre : b) Taxe proportionnelle de 1 /10 0 /00 de la somme payée. Maximum : 100.000 francs. Le payement à domicile n'a lieu que sur la demande des expéditeurs ou des bénéficiaires résidant en dehors de la partie agglomérée des villes ou des grosses localités. La taxe de payement à domicile est de 75 centimes (arrêtés royaux des 28 octobre 1930 et 17 octobre 1931).

C. Les résultats financiers de l'exploitation.

L'exploitation des chèques postaux est, en Belgique, déficitaire. Voici, en milliers de francs, les résultats de cette exploitation pour les exercices 1928, 1929 et 1930 :

DOIT.				AVOIR.			
CATÉGORIES de dépenses.	ANNÉES :			CATÉGORIES de dépenses.	ANNÉES :		
	1928.	1929.	1930.		1928.	1929.	1930.
1) Imprimés, etc..	2.432	2.254	2.808	9) Affranchissements (bulletins de versement, cartes-récépissés, etc.)....	7.097	8.018	9.469
2) Mobilier et matériel.....	1.003	1.326	1.120	10) Taxes spéciales sur les versements et les payements à domicile.....	983	1.385	1.771
3) Loyer, chauffage, éclairage, eau, réparations, etc.....	583	768	1.238	11) Produits divers (impressions, vente de formules et de listes, etc.)....	1.317	1.364	2.158
4) Fournitures diverses.....	560	758	932	12) Droits d'inscription.....	3.635	4.532	5.095
5) Traitements, salaires et autres charges de personnel	20.439	23.719	27.583	Total des recettes.	13.032	15.299	18.493
6) Remboursement de valeurs perdues	3	36	32	12) *Déficit*.....	29.227	38.595	41.746
7) Coopération du service des postes.....	17.239	20.033	21.526				
8) Quote-part du service des chèques postaux dans l'allocation des pensions aux anciens agents..	»	5.000	5.000				
	42.259	53.894	60.239		42.259	53.894	60.239

L'exploitation du service des chèques postaux a donc causé à la Poste une perte de :

29.227.000 francs belges en 1928,
38.595.000 francs belges en 1929,
41.746.000 francs belges en 1930.

Pour 1931, cette perte a été ramenée à 36.102.000 francs belges. Pour 1932, elle s'élèvera approximativement à 30.000.000 de

francs belges, par suite du relèvement des tarifs à partir du 9 novembre 1931.

Dans la *Notice concernant l'activité postale pendant l'année 1931*, le directeur général des Postes indique que le montant des recettes de son administration s'est élevé, en 1931, à 422.314.281 francs belges, tandis que les dépenses atteignaient 472.700.000 francs belges; le déficit est donc de 50.385.719 francs belges. Il ajoute que :

« Ce déficit serait inexistant et se transformerait même en boni (21.600.000 « francs en chiffres ronds) :

« 1° Si le département des Finances avait pris à sa charge les frais occa- « sionnés à l'administration par le service des Chèques postaux et qui s'é- « lèvent approximativement à 36.102.000 francs belges ;

« 2° Si l'administration de la Trésorie bonifiait à la Poste un intérêt sur « les capitaux susceptibles de placement, de l'office des chèques ; cet intérêt, » calculé au taux minimum de l'époque, soit 4 %, s'élèverait à plus de « 60.000.000 francs, soit, après déduction de la rétribution de 36.102.000 francs « visés ci-dessus, 23.898.000 francs belges ;

« 3° Si la redevance à payer par les différents ministères du chef du trans- « port et de la remise des correspondances en franchise n'avait pas été ramenée « au chiffre de 1926, d'où un manque à gagner d'environ 12.000.000 de francs « belges ».

D. Les résultats

(trafic et montant des trois dernières années et de l'année 1932).

Voici un tableau fournissant certains renseignements à ce sujet :

ANNÉE.	NOMBRE de comptes-courants au 31 décembre.	DIFFÉRENCE avec l'année précédente.	INSCRIPTIONS AU CRÉDIT ET AU DÉBIT :				AVOIR MOYEN annuel (en millions de francs).
			Nombre.	Différence avec l'année précédente.	Montant (en millions de francs).	Différence avec l'année précédente	
1929	249.121	+ 10,72 o/o	58 058.167	+ 13,8 o/o	332.372	+ 16,86 o/o	1.900
1930	274 438	+ 10 01 o/o	63.528.836	+ 9,42 o/o	334 670	+ 0,69 o/o	2.070
1931	296.777	+ 8,13 o/o	68.401.957	+ 7,67 o/o	308.751	— 7,74 o/o	2.345
1932 (8 premiers mois)	309 096	+ 6,94 o/o	46 429 446	+ 1,75 o/o	189.690	— 8,2 o/o	2.365

La crise économique s'est fait assez sensiblement sentir, en 1931, provoquant un ralentissement de l'accroissement du trafic, lequel a seulement augmenté de 7,67 % par rapport à 1930. Les résultats des huit premiers mois de l'année 1932 sont encore favorables : l'accroissement du trafic, comparativement à la période correspondante de 1931, n'étant que de 1,75 %. En France, cet accroissement est de 2,97 %.

En ce qui concerne le montant des opérations, l'année 1929 avait fait apparaître de sensibles progrès (augmentation de 16,86 % sur l'année 1928) ; l'année 1930 a donné des résultats ne différant guère de ceux de la précédente ; l'année 1931 a vu se dessiner une baisse appréciable du volume des transactions (—7,74 %), accentuée encore pendant les huit premiers mois de la présente année (diminution de 8,2 % sur les mêmes mois de l'année 1931).

Néanmoins, cette dernière baisse ne présente rien d'anormal, car, au cours de la période envisagée, les prix généraux des marchandises ont subi une diminution beaucoup plus grande. Dans le service des chèques postaux français, le montant des opérations s'est accru de 1,82 % au cours des mois précités de l'année 1932.

Le nombre des comptes courants continue à augmenter, mais dans des proportions moindres qu'en 1929 et en 1930. On en trouvera surtout la raison dans le fait que l'office des chèques postaux s'est attaché, au cours des années 1931 et 1932, à éliminer les comptes dont l'activité est restée nulle pendant douze mois et dont la tenue ne présente, par suite, aucune utilité ni pour les titulaires eux-mêmes ni pour les autres affiliés à l'institution. On notera également qu'en Belgique il existe actuellement un titulaire de compte par 25 habitants, de sorte que semble se rapprocher le moment où sera atteint le nombre maximum d'affiliés à l'institution des chèques.

Quant aux avoirs en compte, ils augmentent d'une manière appréciable ; mais il est à remarquer que, dans ses écritures comptables, et à l'encontre de ce qui se passe en France, l'office belge ne fait pas de discrimination entre les fonds particuliers et les fonds publics. Lorsqu'il s'agit de calculer les revenus des capitaux que procure au Trésor le service des chèques postaux, on procède comme il suit :

a) Partant de l'avoir global des affiliés, relevé chaque jour, on détermine, à la fin de chaque mois, l'avoir journalier mensuel ;

b) De cet avoir, on déduit, d'une part, l'excédent de l'avoir global moyen des comptes ouverts au nom des comptables des finances, comparativement à l'avoir global d'un même nombre de comptes ordinaires, et d'autre part, 10 % du reste à titre de fonds de roulement.

On obtient ainsi le montant moyen mensuel servant au calcul des revenus des capitaux.

II. LA PARTICIPATION DES PERCEPTIONS DE POSTE AU SERVICE DES CHÈQUES POSTAUX.

A. Ouverture des comptes.

Les perceptions opèrent, à ce point de vue, comme les bureaux de poste français. Il est réglementaire de se renseigner, non seulement sur l'identité de l'intéressé, mais surtout sur les garanties qu'il présente, notamment :

1° lorsqu'il est fixé depuis peu dans la localité ou qu'il ne l'habite que temporairement ;

2° quand il donne comme adresse la poste restante, une boîte postale, un hôtel, un café, etc...

Les demandes d'ouverture de compte ne donnant lieu à aucune remarque défavorable sont visées par le percepteur ; dans le cas contraire, ce dernier indique sur la demande « les précisions voulues ».

B. Versements.

1. Par bulletins de versement. — Le bulletin de versement comporte trois parties remplies par le déposant : le coupon de correspondance servant ultérieurement d'avis de crédit, le bulletin proprement dit et le récépissé de versement. Il est imprimé en bleu sur papier blanc de consistance ordinaire ; il est vendu 1 centime l'exemplaire.

A la demande des affiliés, l'office des chèques imprime sur les bulletins de versement le numéro et la dénomination de leur compte, moyennant une taxe d'un franc pour 100 exemplaires et de 50 centimes par centaine supplémentaire.

L'acceptation des bulletins de versements cesse le samedi à 15 heures et les autres jours ouvrables à 17 heures. On y trouve, imprimée au verso, la recommandation suivante : « Faites vos versements autant que possible dans la matinée ».

La taxe applicable est représentée sur le titre au moyen de timbres-poste ou d'empreintes de machine à affranchir.

Les versements sont décrits sur un registre spécial (numéro de dépôt, nom et adresse du déposant, numéro du compte intéressé, montant).

On sait qu'en France :

les versements sont surtout opérés par mandats-cartes spéciaux nos 1418 A et 1418 B, imprimés en rouge sur papier blanc et comportant deux parties : le titre proprement dit et le coupon servant d'avis de crédit ;

aucune limitation d'heure n'est imposée aux usagers ;

les versements sont décrits au registre no 1406 *bis*, conjointement avec les mandats payables à domicile.

2. Par cartes-récépissés. — La carte-récépissé se présente sous la forme d'une carte postale avec réponse, de couleur rose pâle.

La 1re partie (carte récépissé) indique le numéro de dépôt et l'adresse de l'expéditeur ; elle est libellée sous la forme : Reçu fr..., c... (en chiffres et en lettres), de....., rue....., à..... » ; l'expéditeur y appose sa signature. La 2e partie comporte un coupon (tenant lieu d'avis de crédit) et un bulletin de versement.

Le prix de vente est de 50 centimes par paquet de 50 cartes.

Si l'impression de l'intitulé de compte est demandée, l'office des chèques perçoit la même taxe supplémentaire d'impression que pour les bulletins de versement.

a) *Dépôt et acheminement.* — Les cartes-récépissés sont déposées dans un bureau de poste, accompagnées d'un bordereau vendu

1 centime la pièce. Un reçu, figurant au bas de ce bordereau, est remis au déposant.

La taxe applicable est également représentée en timbres-poste ou en empreintes de machines à affranchir.

Les cartes-récépissés sont traitées comme « objets réservés » (enliassées avec la feuille d'avis et le paquet des valeurs).

b) *Présentation.* — Les cartes-récépissés sont inscrites une à une sur un registre spécial d'arrivée ; le numéro d'inscription est reproduit sur la carte ; la remise aux facteurs a lieu après description sur un bulletin spécial.

L'inscription au registre d'arrivée ne comprend que le numéro de dépôt du titre et le numéro du compte courant postal correspondant. L'inscription au bulletin d'encaissement du facteur comporte seulement le numéro d'inscription au registre d'arrivée et le montant de la carte.

Si la carte est payée, le facteur la remet au débiteur et rapporte au bureau le bulletin de versement. Il n'est fait qu'une présentation ; un avis est laissé, le cas échéant, prévenant l'intéressé qu'il peut se libérer le jour même ou dans la *matinée* du jour ouvrable suivant.

Lors de la remise des fonds par les facteurs, la prise en charge de ces fonds est faite globalement sur le registre spécial visé au paragraphe 1 qui précède.

La carte-remboursement du service français :

se compose d'une carte-lettre à laquelle est adjointe un mandat de versement n° 1418 ;

est considérée, pour ce qui concerne le dépôt, l'expédition, la remise au destinataire et l'encaissement des fonds, comme une carte-lettre grevée de remboursement ;

donne lieu, après remise des fonds par le facteur, à l'émission du mandat ci-dessus visé, lequel est inscrit au registre n° 1406bis.

3. **Registres et états de comptabilité.** — Les bulletins de versement ordinaires et les bulletins de versement de service reçus au cours d'une journée sont décrits un à un (numéro d'ordre et montant) sur un compte journalier ; les bulletins de versement se rapportant à des cartes-récépissés sont mentionnés au même compte, mais dans

une colonne distincte. Le total de ces derniers bulletins est ajouté à la fin du relevé au total des bulletins de versement, pour former le total général des versements de la journée. Le report des journées antérieures est inscrit à la suite de ce dernier total, en vue d'obtenir le chiffre de la recette depuis le 1er du mois.

Le compte journalier, auquel sont joints les bulletins, est adressé au bureau de chèques, de façon qu'il y parvienne le lendemain matin à la *première heure*, sous enveloppe ou étiquette de couleur rouge. Le pli est enliassé avec la feuille d'avis ou placé dans la liasse des « objets réservés ».

Dans le service français, les mandats-cartes de versement aux comptes courants postaux :

ne donnent pas lieu à l'établissement d'un compte journalier ;

sont transmis à découvert, à chaque courrier, sur le bureau de chèques postaux intéressé, après avoir été soumis à la formalité du chargement d'office lorsque le montant en est supérieur à 5.000 francs.

C. Payements.

Les mandats de payement (assignations) émis par l'office des chèques se présentent sous la forme :

1° d'assignations consignées au verso des chèques mêmes ;

2° d'assignations émises sur formules ayant la consistance d'une carte postale (cas du chèque multiple).

1. Expédition. — Les assignations sont expédiées à découvert au bureau chargé d'en effectuer la distribution au domicile du bénéficiaire à l'exception de celles dont le montant est supérieur à 10.000 francs, dont il sera traité plus loin.

Elles sont enliassées avec la feuille d'avis ou placées dans la liasse des « objets réservés ».

2. Arrivée, distribution. — Les assignations sont frappées, dès leur réception, du timbre à date du bureau, triées par facteur intéressé et décrites sur un état spécial (numéro, nom du bénéficiaire,

nombre des centaines de francs), mais seulement lorsque le montant atteint 1.000 francs. La distribution est faite sans décharge de la part du bénéficiaire ; au verso des titres, le facteur indique le nom de la personne (intéressé ou personne majeure habitant avec ce dernier) entre les mains de laquelle il a effectué la remise.

3. Payement. — Les assignations de moins de 1.000 francs peuvent être payées au guichet d'un bureau de poste quelconque. Les assignations de 1.000 francs et plus sont seulement payables au guichet du bureau distributeur ou à celui du quartier auquel est rattaché le domicile du bénéficiaire.

L'expéditeur d'une assignation peut ordonner, par avance, le payement à domicile. Les titres sont alors frappés, par l'office des chèques, du cachet : « A payer à domicile ». La taxe de 75 centimes due pour ce payement est prélevée sur le compte du tireur.

Le bénéficiaire habitant en dehors de la partie agglomérée des villes ou des grandes localités peut demander le payement à domicile d'une assignation. Le montant de la taxe due (75 centimes) est représenté sur le titre par un timbre-poste.

4. Registre et états de comptabilité. — Les assignations payées sont immédiatement frappées du timbre à date. Le coin droit inférieur des titres est coupé « suivant une ligne transversale distante d'environ 2 centimètres de la pointe ».

Les assignations payées sont inscrites sur un registre spécial (numéro d'inscription, date, numéro d'émission, somme). La série des numéros d'inscription se renouvelle chaque mois.

Ces assignations font l'objet d'un compte bi-mensuel (numéro d'ordre, montant porté dans trois colonnes différentes selon que les titres ont été émis pendant le mois en cours, le mois précédent ou les mois antérieurs), à l'appui duquel elles sont transmises à l'office des chèques.

La réglementation française du service des chèques postaux : fait une dictinction, au point de vue des taxes, entre les chèques nominatifs (payables aux titulaires de comptes) et les chèques d'assignation (libellés au profit de tierces personnes) ; les mandats-cartes

émis en représentation de ces titres comportent, au recto, toutes les indications nécessaires au payement ;

prévoit l'acheminement à découvert des mandats-cartes susvisés et sans autre précaution spéciale que l'apposition d'un timbre sec ;

n'est pas différente de celle des articles d'argent pour ce qui concerne la réception, la mise en distribution, le payement et l'inscription dans les écritures comptables des titres établis à la demande des affiliés à l'institution.

On remarquera surtout qu'en France le payement a toujours lieu à domicile pour les mandats-cartes dont le montant n'excède pas 5.000 francs.

III. L'OFFICE DES CHÈQUES POSTAUX PROPREMENT DIT.

A. L'office, branche de la poste.

Par le nombre d'agents qu'il utilise et par l'importance des sommes qu'il reçoit, transfère, paye et a en dépôt, l'office des chèques postaux constitue une des branches principales de la poste.

Son chef a le rang de directeur d'administration. Placé sous la dépendance immédiate du directeur général des Postes comme ses collègues les directeurs de l'Exploitation, du Personnel et de la Comptabilité, il assume l'organisation du service des chèques, tant à l'office lui-même que pour ce qui concerne les bureaux de poste. Il a également la charge de surveiller l'exploitation de cet office, exerçant la haute direction de tous les services, y compris ceux de contrôle des titres exécutés, émis ou payés par lesdits services et par les bureaux de poste.

En résumé, le directeur de l'office des chèques postaux cumule entre ses mains les fonctions dévolues en France au directeur des Chèques postaux et des articles d'argent, aux chefs de bureaux de chèques postaux, aux chefs de contrôle de ces bureaux, aux chefs de centres régionaux des articles d'argent (pour ce qui concerne les titres des chèques postaux) et aux receveurs principaux des villes sièges de bureaux de chèques postaux (pour les payements à vue).

B. Le personnel (titulaire et auxiliaire).

1. La hiérarchie, les avantages spéciaux et les congés du personnel titulaire. — La hiérarchie du personnel titulaire est la suivante :

a) *Personnel supérieur* :

directeur,
directeur adjoint,
réviseur,
chef de division,
sous-chef de bureau dénommé maintenant 1er rédacteur ;

b) *Personnel du cadre général* :

rédacteur,
commis,
aide du service des chèques (catégorie supprimée par extinction) ;

c) *Personnel ouvrier* :

classeurs, estampilleurs, imprimeurs, nettoyeurs et chauffeurs.

Les fonctionnaires supérieurs (jusqu'au grade de chef de division) sont pourvus d'une carte de circulation en 1re classe sur tout le réseau ferré belge.

Chaque fonctionnaire de grade inférieur à celui de chef de division et chaque employé peut effectuer gratuitement douze voyages en 2e classe sur ce réseau ; sa femme a droit à six voyages dans la même classe que lui.

Les ouvriers et leurs femmes bénéficient des mêmes avantages que les fonctionnaires et employés, sous réserve de voyager en 3e classe.

La Société nationale des chemins de fer belges consent aux agents des postes une réduction de 35 % sur le prix des abonnements (mensuels, trimestriels, semestriels et annuels). La Poste prend à sa charge une nouvelle réduction de 15 %. Aussi, nombreux sont les employés de l'office belge des chèques postaux

qui habitent à 25, à 50 et même à 80 kilomètres de Bruxelles (à Tournai, notamment) et bénéficient d'une réduction de 50 % sur les tarifs d'abonnement ferroviaires.

La durée du congé d'affaires est fixée à 15 jours ouvrables pour tout le personnel, quel que soit son rang dans la hiérarchie.

2. L'utilisation et la rétribution du personnel auxiliaire. — Afin de faire face plus facilement au trafic intense des périodes d'échéance, l'office belge a créé un cadre spécial d'employées dénommées *assistantes* et ne fournissant que 125 heures de travail par mois (4 heures par jour ouvrable ordinaire, 8 heures les jours d'échéance). On pensait que de nombreuses employées titulaires, mariées, demanderaient le bénéfice de cette mesure : il ne s'en est présenté qu'une seule. Dans ces conditions, il a été fait appel, pour l'emploi d'assistante, à des dames étrangères à l'administration.

Les assistantes sont rétribuées à raison de 4f,30 l'heure au moment de l'embauchage. Cette rétribution est augmentée de 20 centimes par heure et par année de service. Après la quatrième promotion annuelle, il est accordé deux augmentations biennales de 30 centimes, puis des augmentations triennales de 50 centimes par heure.

3. Les effectifs (personnel titulaire et personnel auxiliaire).— A la date du 31 décembre 1931, le personnel utilisé se décomposait comme il suit :

a) *Personnel titulaire* :

42 fonctionnaires (du directeur aux premiers rédacteurs),
1.229 employés (rédacteurs, commis, aides),
189 classeurs,
30 estampilleurs,
48 imprimeurs et aides imprimeurs,
50 nettoyeurs, chauffeurs, etc...,
1.588 au total ;

b) *Personnel auxiliaire* :

120 assistants utilisés à mi-temps.

Dans la *Notice sur l'activité postale* déjà citée, on lit ce qui suit touchant les effectifs de l'office des chèques postaux :

... Le nombre des opérations s'étant accru de près de 5 millions et celui des comptes de plus de 22.000 au cours de l'exercice 1931, les extensions de personnel accordées au début de ladite année (100 commis aux écritures et 3 estampilleurs) et basées sur l'importance du travail fourni au cours de l'exercice précédent se sont à nouveau révélées insuffisantes.

Aussi l'époque ne paraît pas éloignée où les effectifs de l'Office central des chèques devront encore être renforcés.

4. Le personnel féminin et le personnel masculin. — Les fonctionnaires supérieurs et les fonctionnaires appartiennent tous au sexe masculin.

Le personnel « employés » (1229 agents) comprenait, le 31 décembre 1931 :

679 agents du sexe masculin,

550 agents du sexe féminin (tous commis ou dactylographes).

La tenue des comptes est assurée par des agents des deux sexes ; mais on s'est appliqué à organiser des « triplettes » (voir ci-dessous) et des « brigades » homogènes. Il existe pourtant encore des services à personnel mixte. Il n'en résulterait pas d'inconvénients.

C. L'ORGANISATION INTÉRIEURE.

Cette organisation est la suivante :

Direction générale de l'office : directeur ;

Service 1 : Contentieux ;
— 2 : Secrétariat ;
— 3 : Arrivée ;
— 4 : Comptes courants ;
— 5 : Collectifs (virements et assignations et service international) ;
— 6 : Contrôle des bulletins de versement ;
— 8 : Contrôle des assignations payées ;
— 8 : Section centrale ;
— 9 : Economat ;
— 10 : Payements à vue.

A la tête du service 1 est placé le directeur adjoint, assisté de deux chefs de division. Un fonctionnaire de ce dernier grade dirige les services 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 et 10. Quant au service 4 (des comptes courants), il est placé sous les ordres du chef de division le plus ancien à qui sont adjoints quatre de ses collègues, plus spécialement chargés de la direction des subdivisions de comptabilité manuelle.

Le réviseur de l'office des chèques postaux a le grade de chef de division. Il a principalement dans ses attributions la répartition des agents et du matériel entre les divers services selon les besoins du moment, et la vérification des écritures, des approvisionnements et des caisses.

D. Les caractéristiques de fonctionnement des divers services.

Les attributions très complexes du directeur de l'office ont été exposées ci-dessus.

1. Contentieux. — Il se subdivise en :

a) *Service des « Affaires générales »* (études de toute nature, modifications aux taxes et à la réglementation, questions de principe, vols, faux, malversations) ;

b) *« Contentieux commercial »* (saisies-arrêts et oppositions, réclamations et demandes de renseignements du public) ;

c) *« Contentieux personnel »* (recrutement, instruction, avancement, congés de toute sorte, etc...).

2. Secrétariat. — C'est dans ce service que s'effectuent tous les travaux relatifs à l'ouverture des comptes, aux modifications à apporter aux intitulés, aux fournitures d'imprimés et aux impressions.

On a poussé très loin, pour les impressions de bulletins de versement et des formules de chèques, l'usage des machines. Il existe des linotypes, de nombreuses presses à imprimer de divers modèles (avec leurs accessoires), des massiquots et des machines à brocher.

La reconstitution des enveloppes des comptes ayant fonc-

tionné au cours d'une journée a lieu le jour ouvrable suivant, au moyen de machines « Adrema » ou « Adrex » et d'après les enveloppes du jeu entamé, un autre jeu existant au complet, aux « triplettes », dans des pochettes spéciales.

La figure 1 représente la salle des machines à adresser de l'office des chèques [1].

A l'origine du service, un système de reconstitution des enveloppes, basé sur l'emploi d'une liste par groupe de 100 comptes, avait été mis en vigueur. Ce système a été abandonné, la pratique actuelle ayant été reconnue plus expéditive et plus avantageuse.

En France, dans les bureaux centraux de chèques postaux les plus importants, on utilise la machine sélective à adresser Séailles et Tison, spécialement conçue pour les besoins de ces bureaux, lorsqu'ils ont à renouveler les enveloppes.

3. Arrivée. — Les principales attributions incombant à ce service sont les suivantes : réception et ouverture du courrier, tri des documents et des pièces à porter au crédit et au débit (par 100 comptes intéressés), tri des chèques de virement à débiter, classement, courriers de départ.

On notera qu'il est expédié chaque jour environ 50.000 extraits de comptes et 40.000 assignations. Le tri préparatoire en est effectué, à partir de 16 heures, par des agents masculins de la section des comptes (tri par cases pour les localités importantes et tri alphabétique de groupement pour les autres bureaux).

Un deuxième tri, effectué par d'autres agents de la même section, permet de répartir les plis et les assignations dans la case de chaque perception.

Un troisième tri, confié à des agents spécialisés de la poste, assure le rassemblement des objets par bureaux ambulants ou par « bureaux de passe » chargés de l'acheminement.

A 19 heures, la livraison du courrier est faite aux « carrioles » (automobiles) de la poste ; les intéressés sont touchés, dans tous les cas, à la première distribution du matin suivant.

---

1. Les photographies illustrant cet article ont été obligeamment communiquées par le directeur de l'office des chèques.

Fig. 1. — Salle des machines à adresser.

L'authentiquation des assignations est assurée au moyen de machines électriques donnant des empreintes en relief et en couleur d'une excellente lisibilité.

Avant expédition des assignations d'un montant supérieur à 10.000 francs, ces titres sont perforés à l'appareil « Todd Protectograph » pour le montant en chiffres de la somme à payer. Ils sont transmis sous enveloppe recommandée au bureau payeur, à l'appui d'une carte postale spéciale sur laquelle est également reproduite, au « Todd protectograph », l'indication en chiffres de la somme sus-visée.

La fermeture des enveloppes est principalement assurée au moyen d'une machine « Metered Mail » fabriquée par la firme « Pitney Bowes postage Meter Cy », de Stamford, Conn. (U.S.A.). Le rendement de cet appareil, qui colle les enveloppes et les timbres à l'envers, est de 20.000 à 25.000 plis à l'heure. Le prix d'achat s'est élevé à 294 livres st., soit, au moment de la livraison, 43.000 francs belges.

4. Comptes courants. — Ce service, de beaucoup le plus important de l'office, est composé :

de la subdivision 1, où les comptes sont tenus à la machine comptable ;

des subdivisions 2, 3, 4 et 5, desservant les comptes suivant un système amélioré de comptabilité *manuelle.*

La durée du travail à ce service est de 7 heures [1], avec deux vacations :

a) de 8h45 à 12h45 ;

b) de 14h45 à 17h45.

La subdivision 1. — a) La « triplette ». — Un nombre variable de groupes de 100 comptes (suivant leur activité) sont réunis ensemble et desservis par trois agents féminins (en principe) dénommés respectivement *vérificatrice, préparatrice* et *positionneuse.* C'est ce qu'on appelle l'organisation en *triplettes.* Ces agents « roulent » chaque jour dans l'ensemble des triplettes.

1. Le samedi, il est effectué une seule vacation, de 8h45 à 15h45.

Leurs attributions principales sont les suivantes :

La *vérificatrice* s'assure si les pièces sont bien destinées à la triplette dont elle fait partie ; elle vérifie la régularité des ordres de débit (forme, signature) ; elle procède aux rapprochements nécessaires ;

La *préparatrice* dresse les listes d'entrée des bulletins de versement, des chèques et des virements, ainsi que les bandes de nouveaux avoirs (à la machine à additionner) ;

La *positionneuse* dessert la machine comptable.

A titre d'essai, il a été récemment constitué deux triplettes avec de jeunes agents masculins. Il a semblé que, si les agents féminins peuvent être mis rapidement au courant de la manipulation des machines comptables et acquérir, en peu de temps, une certaine dextérité, les employés masculins possèdent peut-être plus de résistance physique, sans pour cela que leur rendement soit inférieur à celui de leurs collègues femmes. L'expérience se poursuit dans des conditions qu'on estime, jusqu'à présent, satisfaisantes.

b) La brigade. — Les triplettes sont réunies par dix sous la direction d'un rédacteur, dénommé *chef de brigade* (emploi non reconnu officiellement).

c) Le nombre de triplettes mécanisées. — Il n'en existe encore que vingt-cinq. Le prix des machines comptables étant élevé, il n'est procédé que progressivement aux achats nécessaires. En raison de la situation du budget de la Poste, la « mécanisation » complète de l'office peut demander encore un certain délai.

d) Les méthodes de travail de la triplette (exposé schématique). — Les diverses pièces à inscrire aux comptes sont vérifiées au point de vue du classement (bulletins de versement) et de la régularité (forme, signature, validité, etc... des chèques de toute nature). Un avis de débit est dressé pour chaque assignation et pour chaque virement (simple ou multiple) ; cependant tout titulaire a la faculté de joindre au chèque qu'il tire un avis de débit spécial, qu'il doit alors remplir complètement.

Pour chaque catégorie d'opérations (versements, assignations, virements), il est dressé une liste d'entrée par 100 comptes. Lorsque 15 titres au moins sont destinés à un même compte, il en est dressé

une liste spéciale, dont le total s'ajoute à celui du groupe de 100 comptes correspondant.

Les inscriptions aux comptes sont faites par catégories d'opérations. L'extrait de compte (envoyé le soir même au titulaire) et la feuille de compte (demeurant en possession de l'office) sont servis alternativement, mais par la même manœuvre, au moyen d'une machine comptable.

La régularité des inscriptions aux comptes est vérifiée au moyen des avis de crédit ou de débit afférents à chaque inscription. Donnent lieu à visa, de la part du chef de brigade, les opérations de crédit et de débit dont le montant excède 50.000 francs.

Lorsque l'inscription de toutes les opérations d'une même catégorie concernant 100 comptes a pris fin, le total de ces opérations est reproduit à la machine comptable sur une fiche de contrôle ; ce total doit correspondre avec celui de la liste d'entrée.

Aussitôt après l'inscription au débit, les virements traités par une brigade sont classés par brigade de crédit et décrits sur des listes de sortie : la récapitulation des listes de sortie doit donner un total égal à la récapitulation des listes d'entrée de la brigade.

La brigade de crédit achève le tri par groupe de 100 comptes et par numéro de compte ; elle établit les listes d'entrée pour l'inscription au crédit. Le total de ces listes est rapproché de celui des listes reçues des brigades de crédit (listes de sortie).

Ne sont passés au débit, au jour le jour, que les taxes diverses : fournitures de carnets et d'imprimés, droit de payement à domicile, etc... ; les taxes à percevoir pour les assignations sont prélevées sur les comptes lorsque la feuille afférente à chaque titulaire est remplie (à la diligence d'un service spécial).

La récapitulation générale des opérations de la journée est établie par 10 groupes de 100 comptes. Elle comporte, par avance, indiquée par le service 8 (voir ci-dessous), le montant des avoirs précédents. Celui des bulletins de versements, virements-débit, virements-crédit et assignations est indiqué par la triplette.

Les avoirs du jour, consignés sur les feuilles de comptes, sont additionnés à la triplette par centaines de comptes. Ils doivent évidemment concorder avec le résultat des opérations suivantes :

1° addition des anciens avoirs et des montants des différentes catégories d'opérations de crédit ; 2° soustraction, du total obtenu, des montants des différentes catégories d'opérations de débit.

e) Les machines comptables. — Les machines Burroughs. — Il a d'abord été acquis, le 26 novembre 1929, quelques machines Burroughs (sans clavier de machine à écrire) à chariot « splité », qui répètent l'écriture sur l'extrait et la feuille de compte, sans frappe supplémentaire des chiffres ou du levier d'action du moteur. Les caractéristiques de fonctionnement de cet appareil sont connues : clavier incliné à nombre variable de touches de calcul (9, 11 ou 13), répétition de la date, impression des zéros sans manipulation spéciale, ponctuation décimale, possibilité de faire apparaître, sur la formule servie, des indications abrégées (2 ou 3 lettres), tabulation et sélection automatique des colonnes de crédit et de débit, impression des soldes par simple pression sur un bouton. Mais l'introduction de la feuille de compte et de l'extrait se fait en deux temps. Le placement de ces deux documents face à face exige également une manœuvre du rochet. En outre, l'écriture n'est pas visible.

Pour pallier à ce deuxième inconvénient, la société Burroughs a fourni, en juillet 1930, des appareils (style 21 /13 /14) dont le chariot, d'une seule pièce, s'ouvre après chaque opération, de manière à permettre l'introduction des documents par simple glissement. Un miroir rétroviseur, éclairé par une lampe électrique, permet à la positionneuse de voir à quel endroit les inscriptions sur la feuille et l'extrait de compte doivent commencer. Le coût de ces machines s'est élevé à 62.800 francs belges.

Les dernières machines Burroughs, livrées en mai 1932, sont munies dudit rétroviseur. Elles comportent un autre perfectionnement : après mise en place de l'extrait et de la feuille de compte, une prise automatique ferme le chariot et l'entraîne, de manière à ce que la feuille de compte se trouve à l'endroit voulu.

La machine Sundstrand. — Une machine Sundstrand a été livrée en janvier 1930 ; quatre ont été fournies en 1932 (coût : 58.400 francs belges chacune). Cet appareil ne comporte qu'un clavier de 10 touches. Il est donc moins encombrant ; mais on doit composer entièrement les sommes, les zéros ne s'imprimant qu'à cette condi-

tion. Il répète également sur l'extrait et d'une manière automatique les écritures portées sur la feuille de compte. Ces écritures restent constamment visibles.

f) La feuille et l'extrait de compte. — La *feuille de compte* du modèle primitif était imprimée sur du papier de couleur jaune assez épais. Elle comportait 6 colonnes, afférentes au nouvel avoir, aux observations, à la date, à l'avoir précédent, au débit et enfin au crédit.

La nouvelle feuille de compte, servie à la machine Burroughs du type 1932, comporte également 6 colonnes relatives au nouvel avoir, à l'avoir précédent, aux observations, au nombre d'opérations, à la date et enfin au crédit et au débit. Les opérations sont, en effet, enregistrées dans la même colonne, mais le montant des retraits de fonds ou des virements-débit est suivi du signe —.

L'intitulé du compte est reproduit en tête de chaque feuille au moyen de l'appareil « Adréma ».

L'*extrait de compte* comporte : 1° dans l'en-tête, deux cadres, dont le premier est réservé à l'indication de l'avoir précédent (avec la date de cet avoir) et le second au numéro de compte ; 2° trois colonnes intitulées : *Débit, Crédit* et *Nouvel avoir*. La colonne « Crédit » se trouve placée immédiatement et exactement au dessous du cadre « Avoir précédent » de l'en-tête.

Les opérations y sont décrites une à une pour ce qui concerne le montant ; mais elles sont seulement identifiables au moyen de quatre abréviations, à savoir :

VS = versements,
VO = virements,
DA = divers,
PB = payements.

L'extrait de compte est accroché par un onglet à la feuille de compte lorsqu'il a été préparé pour le lendemain. Ces deux documents sont classés, de champ, dans des coffres métalliques spéciaux, munis de quatre roues caoutchoutées, afin d'en faciliter la conservation en lieu sûr.

Les subdivisions 2, 3, 4 et 5. — Chacune de ces subdivisions

comporte un effectif d'environ 150 agents, groupés en triplettes, dont le nombre total est de 196.

Il ne semble pas utile d'exposer les méthodes en vigueur, puisqu'elles sont appelées à disparaître. Ces méthodes se rapprochent, du reste, très sensiblement de celles de la comptabilité mécanique.

Le groupe de travail français. — L'organisme français correspondant à la triplette est le *groupe de travail*, dont les conditions de fonctionnement ont été relatées dans cette revue (1). On se bornera à faire remarquer que, dans nos groupes de travail :

il n'est pas dressé de listes d'entrée des divers documents ;

les inscriptions aux comptes sont effectuées par courrier, pour l'ensemble des pièces concernant un même compte ;

la vérification des susdites inscriptions a lieu, d'abord, pour chaque compte au moyen des avis de crédit et de débit, puis globalement par série de 100 documents à l'aide des états de payements, des états d'émission et des bandes de contrôle (virements des diverses catégories) ; donnent lieu à visa spécial de la part des agents de contrôle les opérations excédant 20.000 francs ;

les taxes dues sont prélevées sur les comptes au fur et à mesure du débit des chèques correspondants ;

le bilan journalier est établi pour l'ensemble des comptes tenus par chaque groupe de travail et non pour chacun des 100 comptes rattachés à ce groupe.

5. Collectifs. — On traite dans ce service les chèques collectifs et les virements collectifs.

a) *Chèques collectifs.* — Deux procédés sont mis à la disposition des titulaires de comptes :

1° Annexer seulement au chèque un bordereau descriptif (nom, prénoms, adresse du bénéficiaire, sommes à payer) ; dans ce cas, l'office des chèques établit les assignations, mais perçoit pour sa rémunération une taxe spéciale de 20 centimes par ordre établi ;

---

1. A. Cabanne, *La transformation des méthodes de travail dans les bureaux centraux de chèques postaux* (*Annales des P.T.T.* de septembre 1931).

les assignations sont dressées à la machine à écrire sur cartes, imprimées par bande de six unités et s'éjectant automatiquement lorsqu'elles sont servies ;

2° Annexer au chèque un bordereau descriptif et autant de cartes, dûment remplies, qu'il y a de bénéficiaires ; des avis de débit peuvent être joints aux chèques collectifs, soit pour chaque montant partiel, soit pour la somme globale.

b) *Virements collectifs.* — Le tireur peut utiliser l'un des deux procédés suivants :

1° Annexer seulement au chèque de virement un bordereau descriptif (numéro de compte, nom et adresse des bénéficiaires, montant) ; dans ce cas, l'office établit lui-même les ordres et avis de crédit, moyennant perception d'une taxe de 20 centimes par somme à créditer ; le tireur a la faculté de joindre au bordereau descriptif des avis de crédit au verso desquels une correspondance particulière peut être inscrite ;

2° Annexer au chèque de virement trois formules spéciales, qu'il est recommandé d'établir en intercalant entre elles deux feuilles de papier carbone : la première formule est l'ordre de virement proprement dit, qui reste à l'office ; la deuxième formule est l'avis de débit, renvoyé au tireur ; la troisième formule est l'avis de crédit adressé au bénéficiaire du virement, lequel avis peut recevoir une communication particulière pour ce bénéficiaire.

Les bordereaux en question sont fournis à titre onéreux (par 50 et par séries de 3) au prix de 1f,50 ; ils comportent, imprimées, les indications relatives au numéro et à l'intitulé du compte de l'envoyeur.

6. Contrôle des bulletins de versement. — Ce service procède à la vérification des bulletins de versement, ainsi qu'à celle de la régularité des inscriptions faites sur les comptes journaliers dressés par les perceptions et afférents à ces bulletins. Il dresse chaque jour une récapitulation générale de ces comptes, dont le total doit être égal au total général des listes d'entrée par 100 comptes (sous déduction des bulletins non imputables). Il s'assure de l'exacte reproduction, au pied des comptes journaliers, du total

des journées antérieures. Il notifie dans les premiers jours de chaque mois à la direction de la Comptabilité le montant mensuel des bulletins de versement expédiés par chaque perception, de manière à permettre à cette direction la vérification de l'exactitude des déclarations en recettes des percepteurs.

La figure 2 représente l'une des salles de machines à calculer de l'office (vérification des états de comptabilité des bureaux de poste et confection des listes d'entrée spéciales).

7. Contrôle des assignations payées. — Dans ce service, est assurée la vérification des comptes bimensuels établis par les perceptions et relatifs aux assignations payées, ainsi que la vérification, par rapprochement avec les listes des chèques dressées à l'entrée (par les triplettes et le service 5), de l'exactitude des payements. Notification des résultats du contrôle est également faite à la direction de la comptabilité.

Un bilan mensuel est établi, pour contrôler l'exactitude des opérations d'émission, de payement et d'émargement.

8. Section centrale. — Ce service centralise les récapitulations générales des triplettes, en assure la vérification au moyen des indications figurant sur les récapitulations générales du jour ouvrable précédent et des listes d'entrée de la journée considérée.

En règle générale, et depuis que les chèques de virement débités par une triplette font l'objet d'une liste dressée dans l'ordre du crédit, la comptabilité journalière est remise, apurée, au directeur de l'office le jour ouvrable suivant, vers 11 heures.

9. Economat. — Est rattaché à ce service tout le personnel chargé de ce qu'on dénommerait, en France, le service intérieur (imprimés, outillage, mobilier, entretien des locaux, chauffage, éclairage).

10. Payements à vue. — L'important service des payements à vue fonctionne dans un vaste hall situé au rez-de-chaussée de l'office des chèques postaux, rue Ducale, n° 8, soit dans le quartier des ministères et des banques.

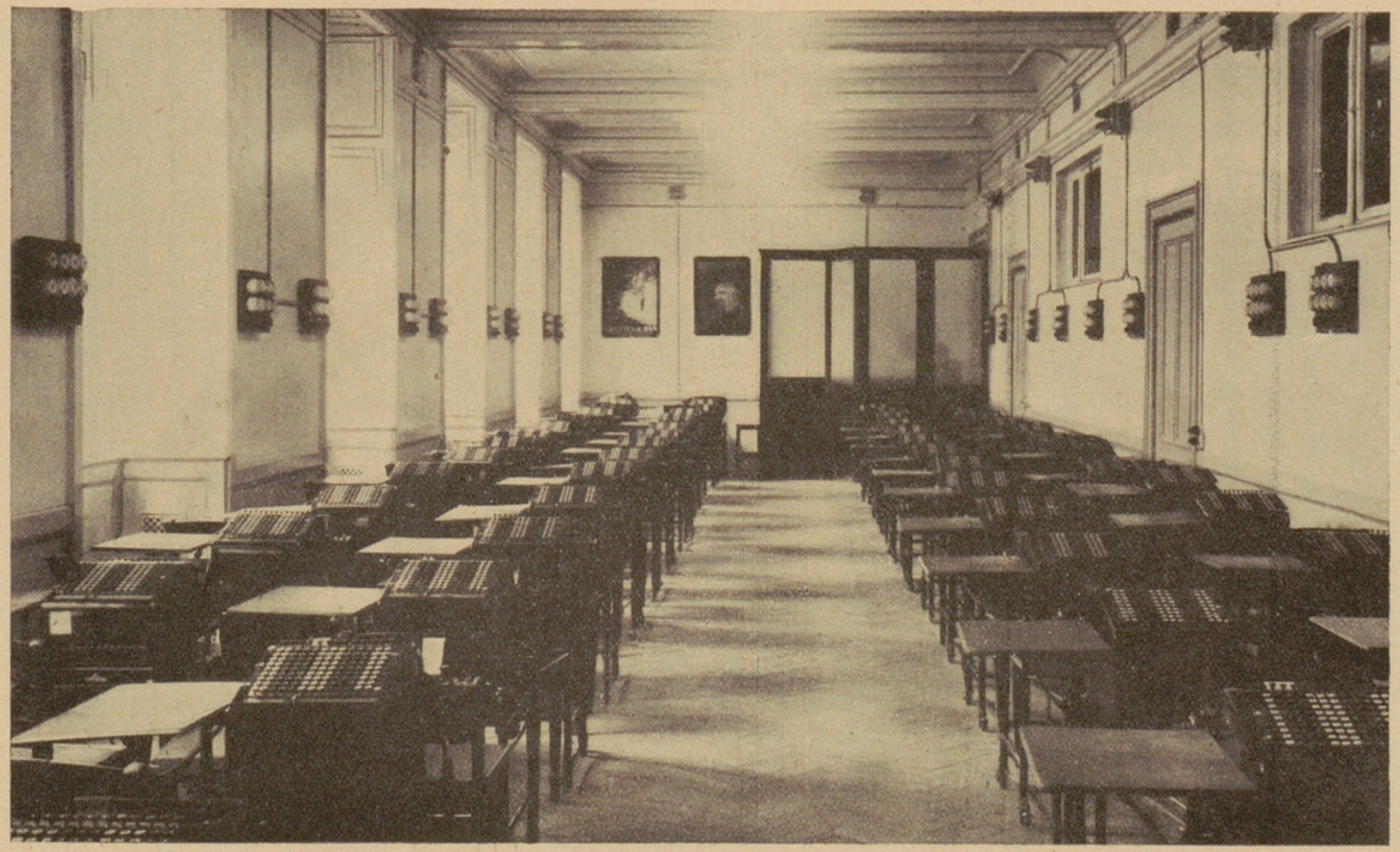


Fig. 2. — L'une des salles de machines à calculer.

Neuf guichets y sont ouverts de 9 heures à 12 heures le samedi, et de 9 heures à 14h30 les autres jours ouvrables, pour le payement des chèques nominatifs ou au porteur. Les jours d'échéance, le nombre des guichets est porté à treize. Ces guichets sont reliés par cinq tubes pneumatiques avec les salles de travail des comptes courants et le secrétariat.

Les délais moyens d'exécution des chèques seraient, d'après les renseignements recueillis, de l'ordre de 5 à 6 minutes seulement.

On accepte également à plusieurs guichets des bulletins de versement aux comptes de chèques postaux. Les versements présentés avant 10 heures du matin sont inscrits le jour même aux comptes intéressés. Après cette heure, sont seuls exécutés les versements pour lesquels la taxe d'exprès est acquittée.

IV. COMPARAISON ENTRE LES SERVICES BELGE ET FRANÇAIS POUR CE QUI CONCERNE LES FACILITÉS OFFERTES AUX USAGERS.

1. Facilités offertes par le service belge et non accordées en France. — Exécution gratuite des virements dans le service intérieur ainsi que dans les relations avec le grand-duché de Luxembourg et le Congo belge :

Livraison gratuite des feuilles de virement (chèques de virement) ;

Gratuité de la communication particulière mentionnée sur les coupons ou avis de crédit afférents aux opérations ;

Possibilité d'effectuer des payements par lettre chargée lorsque le bénéficiaire d'un chèque réside dans un pays ne participant pas au service des virements internationaux ;

Affiliation de l'office des chèques à la Chambre de compensation de Bruxelles pour l'encaissement des chèques barrés tirés sur une banque affiliée à ladite Chambre ; affiliation aux Chambres de compensation, établies dans les localités sièges d'une agence de la Banque nationale, des bureaux principaux de perception de poste ; acceptation par ces bureaux de toutes les opérations postales ainsi que de

versements et virements aux comptes de chèques postaux à couvrir par chèques barrés ou par voie de crédit en compensation ;

Possibilité de déposer dans toutes les perceptions des chèques barrés tirés sur les banques affiliées aux autres Chambres de compensation du pays, en vue d'alimenter les comptes courants postaux.

Les stations de la Société nationale des chemins de fer belges acceptent, à l'égal des espèces, les virements postaux établis à leur profit pour :

l'achat de timbres « chemin de fer »,

le payement des frais de chômage,

la constitution de provisions et les règlements hebdomadaires sur les comptes courants ouverts aux stations,

le payement des prestations spéciales (usage de matériel, traction de wagons),

et, généralement, l'acquittement de toute autre somme, moyennant entente, une fois pour toutes, avec la station créancière.

2. **Facilités offertes par le service français et non accordées en Belgique.** — Mandats-lettres de crédit ;

Retraits télégraphiques de fonds par les titulaires de comptes, dans leur résidence et en dehors de leur résidence ;

Virements d'office sans égard à la qualité du demandeur ;

Virements accélérés ;

Virements télégraphiques (puisqu'il n'existe qu'un seul bureau de chèques) ;

Prélèvement d'office sur les comptes courants postaux des taxes de communications téléphoniques, de télégrammes en compte, de correspondances revêtues d'empreintes de machines à affranchir ;

Prélèvement d'office, sur les comptes courants postaux, du montant des abonnements et redevances téléphoniques, des taxes d'abonnement pour nom de convention et adresses enregistrées, des abonnements aux boîtes de commerce, des redevances pour relevage à domicile des correspondances revêtues d'empreintes de machines à affranchir ;

Imputation d'office, sur les comptes courants postaux, du montant des frais de protêt des valeurs à recouvrer ;

Remboursements d'épargne par prélèvement sur l'actif des comptes courants postaux ;

Domiciliation des valeurs à recouvrer dans les bureaux de chèques postaux ;

Comptes particuliers ;

Livraison gratuite des bordereaux descriptifs ordonnant des payements ou des virements collectifs, ainsi que des avis de crédit à joindre aux bordereaux de virements collectifs.

V. CONCLUSIONS.

C'est à la faveur d'une visite récente, effectuée lors d'un de ses congés, à l'office belge des chèques postaux, que l'auteur de cet article a pu recueillir la plupart des renseignements qui précèdent et se rendre compte sur place des conditions de fonctionnement des principaux services de l'office en question.

La Belgique occupe une place très enviable parmi les pays ayant créé un service de comptes courants et de chèques postaux. A ce point de vue, en 1931, et pour le nombre des affiliés, elle arrive au troisième rang, derrière l'Allemagne et la France, mais se classe en première ligne si l'on considère la proportion, par 1000 habitants, de ces affiliés, laquelle s'élève à 37,1. En ce qui concerne le nombre des opérations, elle distance un certain nombre de nations, dont la population est supérieure à la sienne, et telles que : le Japon, l'Italie, la Pologne et la Yougo-Slavie. Enfin c'est également l'office belge qui occupe la toute première place pour ce qui a trait au rapport entre le montant des opérations réglées sans emploi de numéraire avec celui des opérations totales effectuées.

La Belgique doit certainement ces brillants résultats à la confiance qu'inspire à son peuple un organisme d'État d'un travail sûr et rapide, s'adaptant étroitement aux besoins venant à se révéler, organisme auquel M. Besombes, maintenant inspecteur général des Postes, a donné une vigoureuse impulsion dans le passé et que M. Strale dirige, depuis quelques années, avec une compétence unanimement louée et une activité de tous les instants.

APPAREILS DE TRANSMISSION AUTOMATIQUE CARPENTIER-VANNUCCI,

par P. MERCY,
inspecteur des Postes et Télégraphes.

La transmission automatique des correspondances télégraphiques est applicable aussi bien aux signaux du code Morse qu'à ceux du code à cinq éléments du système Baudot et de ses dérivés. Les appareils dont il s'agit ici sont spécialement construits pour la transmission des signaux de l'alphabet Baudot.

On sait que le procédé consiste à enregistrer sur une bande de papier, sous forme de perforations, les combinaisons du code représentant les lettres du message à expédier, puis à faire passer cette bande dans un second appareil qui émet sur la ligne des courants négatifs ou positifs selon que la bande est ou n'est pas perforée. Le premier appareil est appelé *perforateur*; le second, *transmetteur automatique*. Ce dernier, devant émettre les combinaisons de courants à des moments rigoureusement déterminés, est actionné par un courant de commande partant du distributeur de l'installation Baudot.

Perforateur. — L'appareil est commandé par un clavier alphabétique de machine à écrire, du modèle adopté pour les appareils arythmiques employés par l'administration française. L'abaissement d'une touche prépare la combinaison de perforations représentant la lettre ou le chiffre portés sur la touche. Celle-ci, par son levier, agit sur un combinateur, composé de cinq lames d'acier dont le bord supérieur est découpé en dents de scie, et en même temps sur une barrette universelle. Les lames sont juxtaposées horizontalement et disposées à angle droit au dessous des leviers de touche. Quand un levier est abaissé, il agit simultanément sur les cinq

lames du combinateur, et celles-ci sont déplacées à droite ou à gauche dans un plan vertical suivant que le levier porte sur le côté gauche ou sur le côté droit des saillies qu'il surplombe (fig. 1 : T, T_2). La barrette universelle, qui a une fonction électrique, est mise en action quel que soit le levier abaissé ; elle est disposée de telle façon que son mouvement commence un peu avant que la touche n'arrive en fin de course. Sur le côté droit du combinateur, se trouve un jeu de leviers verticaux C pouvant tourner autour d'un axe horizontal ; chacun d'eux est articulé sur une lame du combinateur et peut

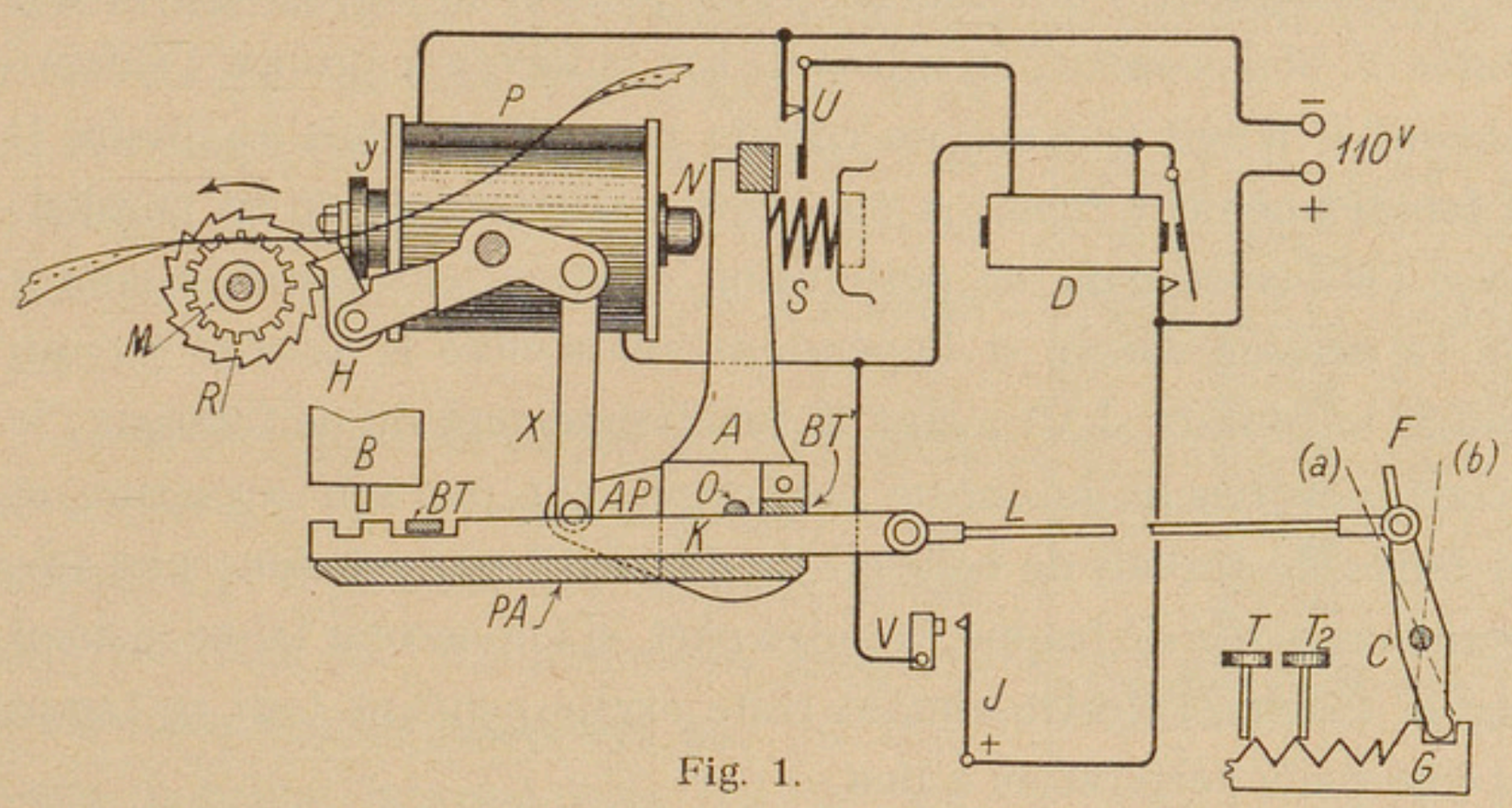


Fig. 1.

prendre deux positions, (a) ou (b), suivant que la lame correspondante a été déplacée vers la droite ou vers la gauche par la touche. Le mouvement de ces leviers est transmis finalement à des réglettes d'acier K, appelées *cales*, au moyen de bielles L.

Les cales sont entaillées de façon à présenter au dessous du bloc B de perforation une saillie ou un évidement, selon qu'elles ont été poussées vers la gauche [position (a) des leviers C] ou tirées vers la droite [position (b)]. Une sixième réglette fixe sert à la perforation de progression. L'ensemble des six réglettes est porté par un plan d'acier PA, sur lequel elles glissent facilement, et sont maintenues par deux barrettes BT et BT'. Le plan est solidaire des bras A et AP pivotant sur l'axe O.

La combinaison représentée par la position des cales est visible extérieurement grâce aux saillies supérieures F des leviers C : celles

qui sont inclinées à gauche (a) correspondent aux courants de travail et celles qui sont inclinées à droite (b) aux courants de repos de la combinaison du code. Comme d'autre part la position persiste jusqu'à ce qu'une combinaison subséquente vienne l'effacer, il est possible de relever une erreur de frappe avant transmission.

L'enregistrement sur une bande de papier spécial des combinaisons présentées par les cales est commandé par l'électro-aimant P à noyaux plongeurs. La fermeture du circuit de l'électro-aimant de perforation est provoquée par la barrette universelle qui, par suite de l'abaissement d'une touche, vient pousser la lame J contre une butée V. Mais comme, en raison de son inductance propre, l'électro-aimant P n'agit qu'avec un certain retard, un relais auxiliaire D à fonctionnement rapide a été prévu ; il est alimenté en parallèle avec l'électro-aimant de perforation et maintient fermé le circuit de ce dernier, même si l'opérateur abandonne la touche (ce qui coupe le contact J-V) avant le fonctionnement du perforateur ; le relais s'enclanche lui-même électriquement par son armature et la butée de travail de celle-ci. Ce dispositif permet donc une très grande rapidité de frappe. D'autre part, si l'opérateur laisse le doigt sur la touche, l'électro-aimant reste excité pendant tout ce temps et une seule perforation a lieu.

La préparation de la bande de transmission s'effectue de la façon suivante. Lorsque l'armature Y de l'électro-aimant de perforation est attirée, elle projette le téton N contre le bras A. Celui-ci s'écarte sous le choc, en comprimant son ressort de rappel S, et lance de bas en haut le plan PA contre le bloc de perforation B, à la partie inférieure duquel dépassent les poinçons emporte-pièce. Les réglettes déplacées de droite à gauche présentant une saillie, elles frappent les poinçons correspondants, qui, traversant de part en part la bande de papier, y découpent des trous circulaires. Les réglettes tirées de gauche à droite ayant leur échancrure en face des poinçons correspondants, ceux-ci ne sont pas atteints et ne touchent pas la bande.

En arrivant à fond de course, le bras A ouvre le contact U ; le circuit du relais auxiliaire D est coupé ; son armature, revenant au repos, rompt le circuit de l'électro-aimant de perforation ; le bras

A, sous la réaction de son ressort S, reprend sa disposition primitive et l'armature Y est ramenée au repos par un ressort à boudin enfilé sur la tige portant le téton N.

La progression de la bande est assurée par le bras AP, solidaire de A. Quand ce dernier est frappé par le téton, le bras AP se soulève de bas en haut et pousse la bielle X ; le cliquet H descend en glissant sur le dos d'une dent de la roue à rochets R et vient en prise avec le bec de cette dent. Au moment du rappel de l'armature au repos, le bras AP s'abaisse et tire sur la bielle X ; le cliquet H remonte en faisant tourner la roue R de l'angle intercepté par une dent. La roue à rochets est solidaire d'une roue M dont les goupilles pénètrent dans les perforations spéciales de la ligne médiane de la bande et entraîne celle-ci quand la roue à rochets tourne.

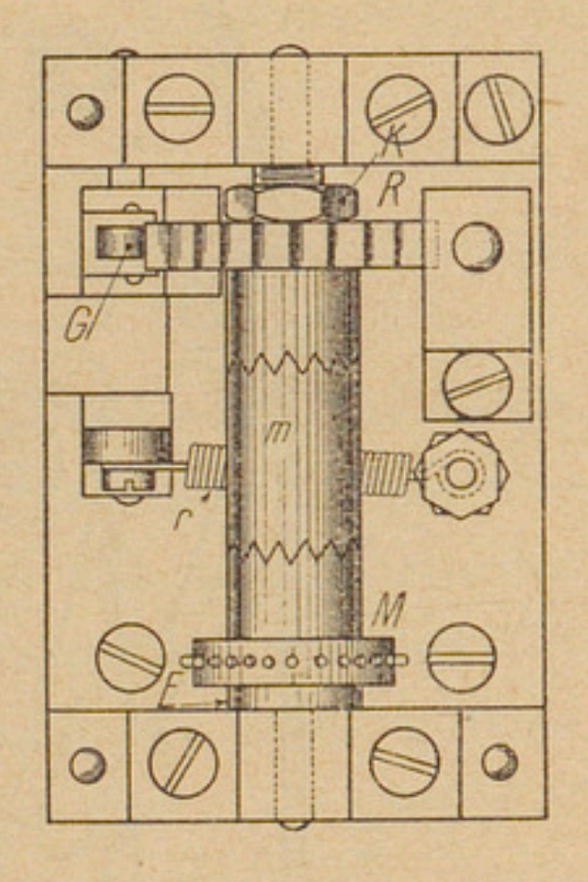


Fig. 2.

Afin de permettre un réglage très précis de la position de la roue à goupilles par rapport à la roue à rochets, les deux pièces sont montées sur des manchons indépendants mais rendus solidaires par un troisième manchon intermédiaire (fig. 2 : M). L'assemblage des trois manchons se fait au moyen d'entailles en dents de scie pratiquées sur les faces latérales des manchons du côté où ils sont en contact ; mais il y a 14 dents entre manchon intermédiaire et roue à rochets et 15 dents entre roue à goupilles et manchon intermédiaire, de sorte que le décalage d'une dent par rapport au manchon intermédiaire se traduit par un déplacement angulaire égal à la différence existant entre 1/14 et 1/15 de circonférence. Les trois manchons sont enfilés sur un même axe et bloqués sur une embase annulaire E de celui-ci au moyen d'un écrou K.

Transmetteur automatique. — Cet appareil comprend : un jeu de cinq *leviers palpeurs* LT (fig. 3), destinés à explorer les perforations de la bande passant dans l'appareil et agissant d'autre part, au moyen d'un nombre égal de bras J, sur un manipulateur dont les

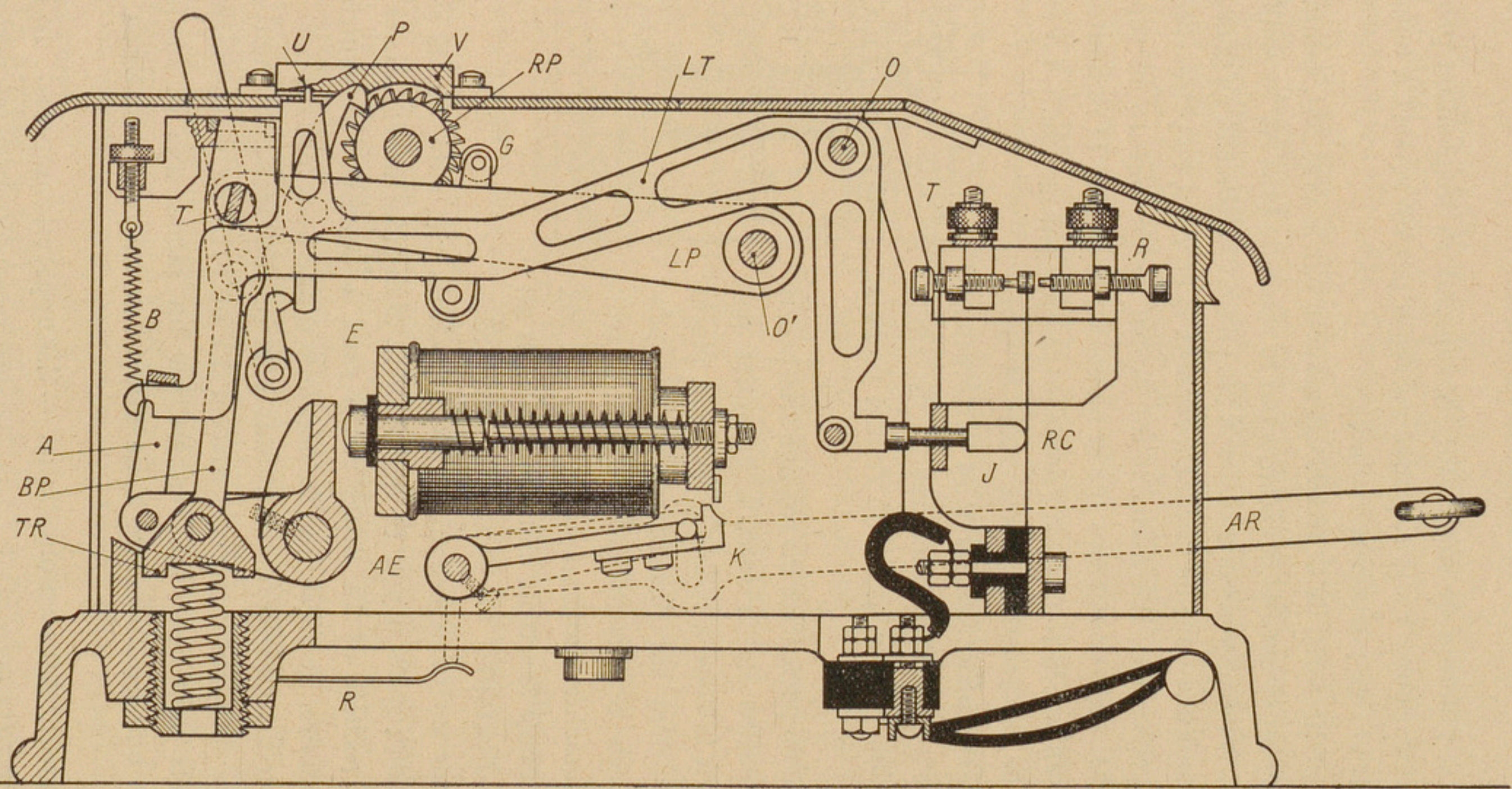


Fig. 3.

cinq ressorts de contact RC peuvent se déplacer entre deux réglettes T et R ; et un électro-aimant E, dont l'armature AE détermine par ses mouvements le fonctionnement du système.

Les leviers palpeurs pivotent autour d'un axe commun O et possèdent deux bras d'inégale longueur : le plus court est vertical et se termine par un retour d'équerre pourvu d'un revêtement isolant J affleurant le ressort de contact de transmission correspondant RC ; le plus long se partage en deux branches, une supérieure et l'autre inférieure : la première porte une courte aiguille G pouvant pénétrer dans les trous de la bande de perforation passant sous le volet V ; la branche inférieure présente un retour d'équerre sur lequel s'appuie un étrier A. Chaque palpeur est sollicité de bas en haut par un ressort B qui le fait appuyer doucement contre la bande, de sorte que l'aiguille puisse traverser franchement la perforation qui se présenterait.

Sur un axe O', indépendant de celui des palpeurs, pivote un autre cadre, composé de deux leviers LP réunis en avant par une traverse T. Au dessous et à chaque bout de celle-ci, sont articulés deux bras BP, réunis à leur partie inférieure par un croisillon TR poussé de bas en haut par un ressort à boudin. Ce cadre, destiné à provoquer la progression, est pourvu à cet effet d'un cliquet P mobile dans une chape fixée à LP et engrenant avec une roue à rochets RP dont la position est assurée par un galet de retenue G. La roue à rochets et la roue de progression sont montées sur leur axe commun, comme dans le perforateur, avec manchons accouplés en dents de scie.

L'armature de l'électro-aimant porte quatre bras : deux longs et deux courts. Les deux premiers agissent sur l'étrier A ; les deux autres, sur le cadre de progression LP-T.

Le fonctionnement de l'appareil est déclanché par un courant émis sur un contact de la troisième couronne et reçu dans un électro-aimant aiguilleur faisant office de relais (non représenté sur la figure 3). Son armature ferme le circuit de l'électro-aimant E sur une source à 110 volts, ce qui détermine la projection d'une tige percutante sur l'armature, qui pivote autour de son axe AE. Dans ce mouvement, elle tire d'abord de haut en bas l'ensemble des palpeurs

au moyen de l'étrier A; les aiguilles de ceux qui étaient relevés se dégagent des trous de la bande ; puis, le déplacement de l'armature se continuant, le cadre de progression est actionné à son tour ; le cliquet P s'abaisse en tirant de haut en bas sur la roue à rochets, qui tourne de la valeur d'une dent ; la roue à goupilles qui en est solidaire fait avancer la bande de telle sorte qu'elle présente au dessus des aiguilles des palpeurs une nouvelle combinaison.

Pendant leur mouvement de descente, les palpeurs ont poussé par leur partie J les cinq ressorts lames de contacts RC sur les butées de la réglette de repos R.

Quand l'action de l'électro-aimant cesse, les palpeurs sont libérés ; mais seuls ceux dont les aiguilles ont trouvé un trou peuvent se relever : les autres restent en position parce que leurs aiguilles sont arrêtées par la bande. Les leviers qui ont pu remonter ont cessé d'agir sur les ressorts de contact correspondants, qui reviennent s'appuyer sur les butées de la réglette de travail, tandis que les ressorts de contact dépendant des leviers palpeurs bloqués par la bande restent sur réglette de repos. Les ressorts de contact, comme ceux d'un manipulateur, étant rattachés chacun à un contact d'un secteur de la deuxième couronne du distributeur, la combinaison figurée par les perforations de la bande sera émise en ligne lors du passage des balais sur le secteur.

Le transmetteur automatique est pourvu de dispositifs permettant d'arrêter la bande sur une combinaison donnée, tout en laissant battre l'armature de l'électro-aimant à chaque révolution des balais, ce qui a pour conséquence l'envoi répété d'un même signal, ou bien encore d'émettre en permanence les cinq courants de repos en accrochant les palpeurs dans leur position inférieure. Enfin un levier AR, dans l'anneau duquel passe la bande, provoque l'arrêt de la transmission quand la bande n'est plus fournie assez vite pour suivre la vitesse de l'appareil. Dans ce cas, le levier AR, entraîné par la bande, se soulève et bloque l'armature sur travail par l'intermédiaire du crochet K, ce qui empêche toute émission et toute progression. Lorsque la bande est fournie en quantité suffisante pour qu'elle puisse se détendre et par suite laisser retomber le levier, le décrochage de l'arma-

ture s'effectue et la transmission reprend au point exact où elle avait été suspendue. La liaison entre AR et K laisse subsister l'arrêt un peu après la détente de la bande pour donner un peu d'avance à la perforation et, par suite, éviter que la transmission ne soit arrêtée à chaque lettre. Un ressort R fait passer rapidement le crochet K de la position d'arrêt à celle de marche, ou inversement.

LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL AU POSTE CENTRAL INTERURBAIN DE PARIS,

par M. GAUDET,
inspecteur des Postes et Télégraphes,
en collaboration avec MM. VILLATTE, chef du Poste central interurbain,
et MALISSARD, contrôleur.

Jusqu'à l'année 1926, les relations téléphoniques internationales du Poste central interurbain de Paris ne s'étendaient qu'aux pays limitrophes de la France, à la Grande-Bretagne et aux Pays-Bas ; encore faut-il remarquer que, pour plusieurs de ces pays, les échanges n'étaient admis qu'avec certaines zones.

Les circuits aériens utilisés à cette époque ne permettaient pas, en effet, d'obtenir une audition convenable au delà d'une distance de 1500 à 1800 kilomètres. D'autre part, ces liaisons, très coûteuses à établir en raison du fort calibre des fils employés, étaient en nombre insuffisant : des attentes de plus de trois heures étaient fréquemment données vers la plupart des directions.

La pose de câbles souterrains et l'emploi de relais, en permettant de réaliser en plus grand nombre des liaisons plus longues et plus sûres, ont modifié complètement cette situation : en quelques années, le service téléphonique a pu être étendu à presque toute l'Europe.

Parallèlement, la création de liaisons radiotéléphoniques a donné le moyen d'organiser des échanges avec de nombreux pays d'outre-mer et de tendre ainsi à la réalisation d'un service téléphonique universel.

Extension des relations. — Le tableau suivant indique les offices avec lesquels les échanges ont été successivement admis depuis 1929.

L'U.R.S.S. reste actuellement le seul État d'Europe dont aucune ville ne communique téléphoniquement avec Paris.

ANNÉES.	RELATIONS NOUVELLES OUVERTES DANS	
	le service européen.	le service extra-européen.
1926	Autriche, Tchéco-Slovaquie.	
1927	Hongrie, Danzig, Danemark, Suède, Norvège.	
1928	Yougo-Slavie, Portugal.	Etats-Unis, Cuba, Canada, Mexique.
1929	Pologne, Finlande.	République Argentine.
1930	Estonie, Lettonie, Lithuanie.	Indo-Chine (Saïgon), Maroc, Brésil, Chili, Uruguay, Indes néerlandaises, Australie.
1931	Roumanie, îles Baléares, îles Canaries.	Nouvelle-Zélande.
1932	Bulgarie, Grèce (Salonique), Turquie (Stamboul).	Vénézuéla, Afrique du sud, Egypte, îles Bermudes, îles Hawaï.

Augmentation du nombre des circuits. — Les nouvelles facilités données à la clientèle d'une part, l'amélioration de l'audition et la diminution de l'attente d'autre part, ont amené un accroissement considérable du trafic téléphonique international. Pour y faire face, le nombre des circuits internationaux aboutissant au central interurbain a été augmenté dans des proportions importantes : de 52 en 1926, il est passé à 158 en 1932.

Le tableau suivant présente la répartition de ces circuits, en 1926 et en 1932, entre les divers centres étrangers reliés à Paris. De l'examen de ce tableau, il ressort que non seulement le nombre des circuits affectés aux anciennes relations a été sensiblement accru, mais encore qu'un grand nombre de liaisons directes nouvelles ont été constituées. Aussi, d'une manière générale, le trafic international est-il actuellement écoulé sans attente dans les relations directes.

BUREAUX étrangers correspondants.	NOMBRE DE CIRCUITS en 1926.	NOMBRE DE CIRCUITS en 1932.	BUREAUX étrangers correspondants.	NOMBRE DE CIRCUITS en 1926.	NOMBRE DE CIRCUITS en 1932.
Londres	18	33	Milan	1	2
Bruxelles	12	29	Turin	2	1
Anvers	2	8	Gênes	»	1
Gand	»	2	Rome	»	1
Liége	»	2	Madrid	»	4
Charleroi	»	1	Barcelone	»	3
Amsterdam	1	6	St-Sébastien	»	1
Rotterdam	1	4	Wien	»	2
La Haye	»	1	Budapest	»	1
Luxembourg	»	2	Belgrade	»	1
Sarrebruck	2	6	Bucarest	»	1
Berlin	3	9	Prague	»	2
Francfort	2	3	Varsovie	»	2
Cologne	1	3	Copenhague	»	1
Hambourg	»	4	Stockholm	»	1
Genève	3	7	Malmoë	»	1
Zurich	2	5			
Lausanne	1	2			
Bâle	1	4			
Berne	»	2			

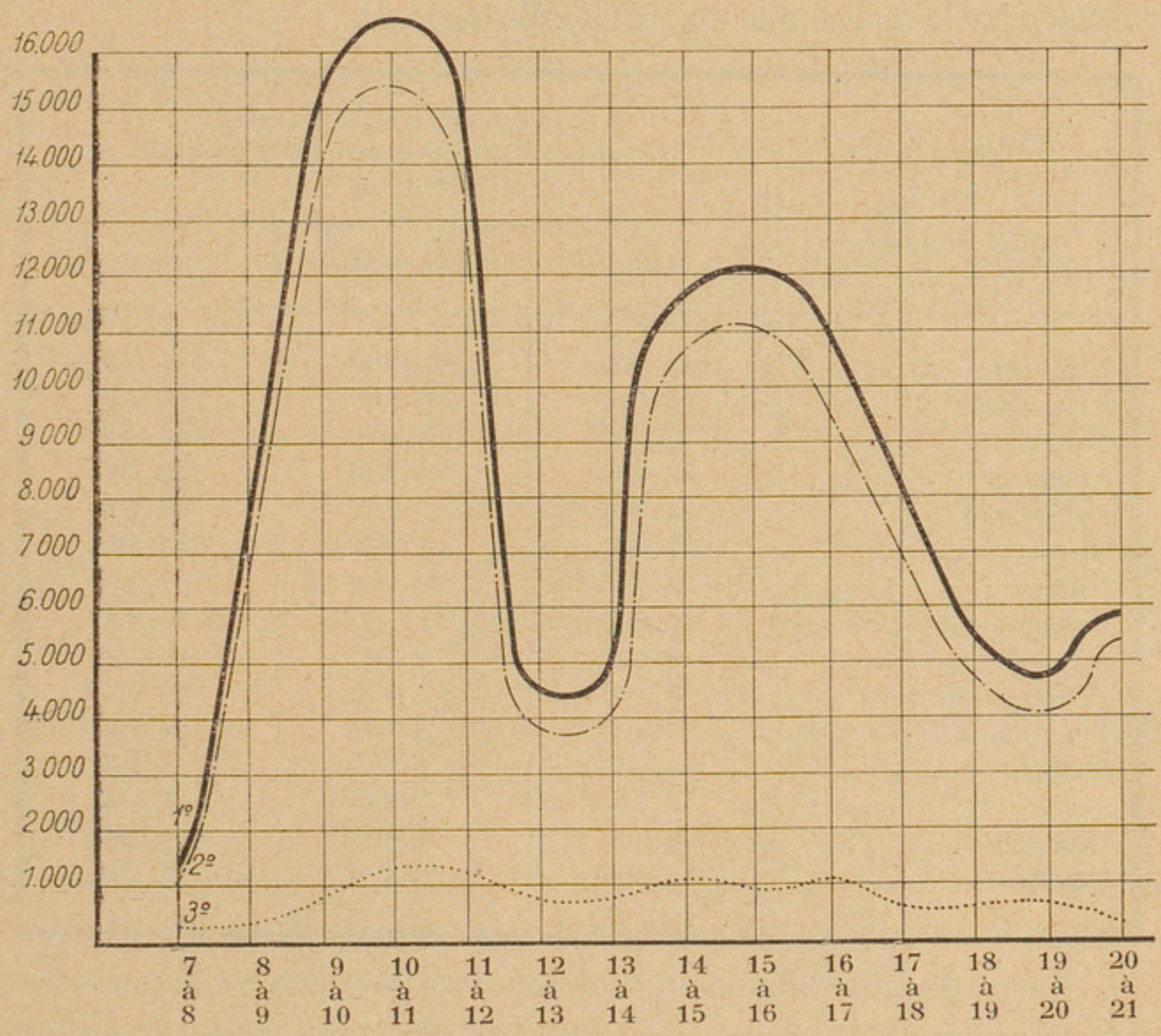
Accroissement du trafic. — Le tableau suivant indique la progression du trafic international de départ de 1927 à 1931 (les chiffres manquent pour l'année 1926) :

ANNÉES.	NOMBRE de communications de départ établies.	MONTANT des taxes correspondantes. (1)
1927	863.482	23.556.285f,65
1928	1.270.507	38.009.652 ,80
1929	1.634.593	49.627.845 ,85
1930	1.759.477	51.531.249 ,80
1931	1.970.063	55.557.730 ,85

1. Il est à remarquer qu'une partie seulement de ces taxes est acquise à la France ; le reste revient aux offices correspondants, à titre de parts de transit ou de parts terminales. Par contre, une part terminale ou une part de transit est allouée à la France pour les communications d'arrivée ou de transit.

L'accroissement apparaît particulièrement sensible pendant les années 1928 et 1929, au cours desquelles le nombre des circuits internationaux, insuffisant jusqu'alors, put être mis en rapport avec les besoins de la clientèle.

Pendant les années 1930 et 1931, la progression du trafic continue, mais moins rapidement : elle correspond au développement normal des besoins et à l'extension des relations.



Courbes de trafic (septembre 1932) :
1° Trafic total ; 2° Trafic interurbain ; 3° Trafic international.

L'année 1932, au contraire, semble devoir marquer une régression, vraisemblablement due à la persistance de la crise économique. En effet, pour les sept premiers mois de cette dernière année, le nombre de communications de départ ne s'est élevé qu'à 1.130.297 et leur produit à 30.448.561f,95. Pour les mêmes mois de l'année 1931, ces chiffres s'élevaient respectivement à 1.136.605 et 32.281.671f,70.

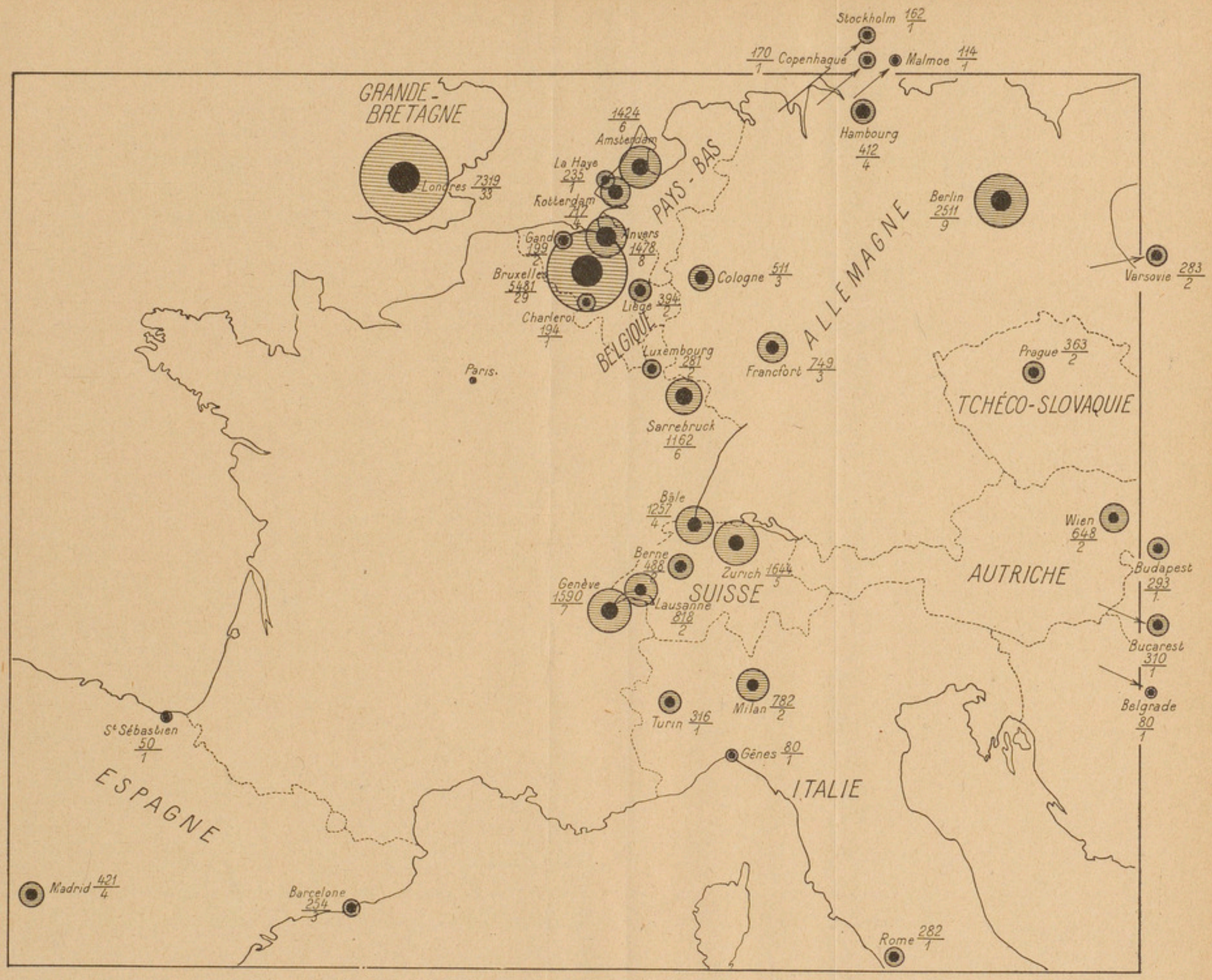
Le trafic d'arrivée, pour lequel on ne possède pas de chiffres précis en ce qui concerne le nombre des communications, est, en général, légèrement inférieur au trafic de départ.

Le tableau ci-dessous fait apparaître, pour l'année 1931, la répartition du trafic entre les principales relations étrangères du central interurbain ; les offices y sont classés dans l'ordre d'importance de leurs échanges, dont le total représente sensiblement les 98 /100 de l'ensemble du trafic international :

DÉSIGNATION des offices étrangers	MOYENNE DES MINUTES de conversation échangées mensuellement (transit compris) :		
	au départ.	à l'arrivée.	Total.
Belgique	123.000	114.200	237.200
Angleterre	104.000	91.600	195.600
Suisse	75.800	80.800	156.600
Allemagne	69.300	66.400	135.700
Pays-Bas	34.000	32.100	66.100
Sarre	12.000	13.300	25.300
Italie	12.700	12.200	24.900
Espagne	11.500	12.300	23.800
Autriche	9.100	9.100	18.200
Tchéco-Slovaquie	5.400	5.600	11.000
Luxembourg	4.400	4.100	8.500
Hongrie	4.000	4.500	8.500
Suède	3.700	3.800	7.500
Roumanie	3.200	3.500	6.700
Pologne	3.000	3.200	6.200

Le trafic radiotéléphonique ne présente une certaine importance que dans les relations avec les Etats-Unis, la République Argentine et le Maroc (zone française). Les moyennes des *communications* échangées mensuellement avec ces trois pays pendant les années 1931 et 1932 (huit premiers mois) sont les suivantes :

	ÉTATS-UNIS.	ARGENTINE.	MAROC.
1931	372	79	138
1932	213	46	165



Trafic comparé des relations internationales (1re quinzaine de septembre 1932).

La surface des cercles hachurés est proportionnelle à l'importance du trafic journalier moyen ; la surface des cercles noirs, proportionnelle au nombre de circuits. Le numérateur de la fraction indique, pour chaque viile, le trafic journalier moyen en minutes ; le dénominateur, le nombre de circuits.

La crise économique mondiale a affecté très sensiblement les échanges avec les États-Unis et l'Argentine. Par contre, le trafic France—Maroc continue à progresser.

Exploitation des circuits internationaux. — A l'exception de 24 circuits de Bruxelles rattachés à des tables de trafic direct, toutes les autres liaisons internationales, soit 134, sont exploitées dans une même salle, au 4e étage du central interurbain.

Ces 134 circuits sont raccordés à 44 tables interurbaines pouvant être utilisées indifféremment pour le départ ou pour l'arrivée ; chaque opératrice dessert donc, en moyenne, trois circuits, ce qui constitue une charge un peu élevée. En effet, par rapport au capital important que représente un circuit international, les dépenses de personnel apparaissent secondaires. L'essentiel est d'écouler le plus grand nombre de communications possible, tout en n'imposant, même à l'heure chargée, que peu ou pas d'attente à la clientèle. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire qu'aux heures de plein trafic chaque opératrice n'ait à desservir en moyenne que deux circuits. Cette mesure, qui est appliquée dans de nombreux bureaux étrangers, notamment en Suisse, aux Pays-Bas, en Allemagne, sera réalisée au central interurbain dès qu'une extension prévue des tables mixtes en aura donné la possibilité. Bien que, dans la situation actuelle, elles aient à desservir, en général, plus de circuits que leurs correspondantes étrangères, les opératrices internationales du central interurbain obtiennent, grâce à leur habileté professionnelle, un excellent rendement des liaisons qu'elles exploitent : aux heures de plein trafic, le rendement horaire d'un circuit peut atteindre 50 minutes taxées sans qu'une attente soit infligée aux appels.

Le mode d'exploitation en vigueur dans le service international comporte la préparation des communications ; c'est, en effet, la méthode qui, compte tenu des difficultés de compréhension entre opératrices de langues différentes, permet la meilleure utilisation des circuits. Toutefois, dans les relations avec Bruxelles-ville, la méthode dite « trafic direct » a été adoptée, en raison de la communauté de langue et de l'importance du trafic,

En principe, sur les circuits internationaux, les propos de ser-

vice doivent être échangés en français ; mais certaines opératrices étrangères n'ont que des notions très succinctes de notre langue. Il est donc indispensable, en vue de faciliter le règlement des incidents d'exploitation et l'établissement des accords journaliers, que quelques agents du central interurbain connaissent les principaux idiomes étrangers. Parmi le personnel de ce bureau, 3 surveillantes, 23 dames-employées et 1 commis bénéficient de primes, réparties comme il suit, pour connaissance d'une langue étrangère :

14 pour la langue allemande,
9 — anglaise,
2 — italienne,
2 — espagnole.

***

Cette rapide esquisse montre le développement pris, en quelques années, par la téléphonie internationale au Poste central interurbain. Si la progression du trafic se trouve momentanément enrayée par la crise économique mondiale, nul doute qu'elle se poursuivra dès que cette cause aura cessé. Les moyens dont dispose actuellement le central interurbain (liaisons nombreuses et sûres, opératrices habiles et expérimentées) permettront d'y faire face dans les meilleures conditions.

RETRANSMETTEUR D'APPELS AMOVIBLE,

par L. PILLAS,
sous-ingénieur des Postes et Télégraphes.

Sur les longs circuits téléphoniques comportant une section aérienne et une section souterraine à grande distance, la transmission des appels est souvent compromise par l'affaiblissement excessif que subissent les courants de basse fréquence (25 ou 50 p/s) sur le tronçon de câble compris entre la ligne aérienne et la première station de répéteurs. M. L. Pillas, sous-ingénieur au Service des lignes souterraines à grande distance, a imaginé et mis au point un nouveau dispositif retransmetteur d'appels qui peut être placé au point de jonction de la ligne aérienne et de la ligne souterraine et qui remédie à l'inconvénient mentionné ci-dessus. Ce dispositif a reçu l'approbation du Comité technique des Postes et Télégraphes. (N.D.L.R.)

But de l'appareil. — L'appareil est destiné à une retransmission supplémentaire des appels lorsque les appareils normaux ne peuvent assurer le service de façon sûre. Il est tout indiqué pour être placé sur les circuits en petit diamètre et en particulier à la jonction de la partie aérienne et de la partie souterraine d'un circuit aéro-souterrain à grande distance.

Montage et aspect extérieur. — Tous les organes sont montés sur une platine amovible ; les connexions extérieures sont assurées par huit broches, qui s'engagent dans huit jacks du bâti à la façon d'un sélecteur. Le tout est protégé par un capot métallique.

En cas de dérangement, ou même pour localiser, on peut immédiatement remplacer l'ensemble de l'appareil par un autre.

Fonctionnement. — Les relais 5 et 6 (fig.), montés en série avec la batterie, sont attirés en permanence. Les courants de conversation passent par les deux condensateurs figurés à la partie supérieure du schéma ; en dérivation, se trouvent les relais 1 et 2, dont l'impédance est très élevée pour les courants de fréquence vocale. Si, au contraire, un courant d'appel de basse fréquence arrive par

la ligne O, il rencontre les condensateurs qui, pour lui, ont une grande impédance; en dérivation, en passant par les contacts 51 et 52, il trouve l'enroulement du relais 1 accordé à cette fréquence par le condensateur à prises variables. Le relais 1 est attiré; il donne une terre au relais 4, qui vient au travail et met en court-circuit le relais 6. Celui-ci est relâché avec un certain retard ; les contacts 61 et 62 sont coupés et le relais 2 est isolé ; les contacts 63 et 64 sont établis et la ligne E est reliée aux fils communs d'appel ; enfin le contact 65 donne une terre au relais 7. Celui-ci rompt ses contacts 73 et 74 (la ligne O est isolée de la ligne E pendant le passage de l'appel) ; d'autre part les contacts 71 et 72 sont établis et le courant à 20 périodes est envoyé sur les fils communs d'appel et par suite sur la ligne E.

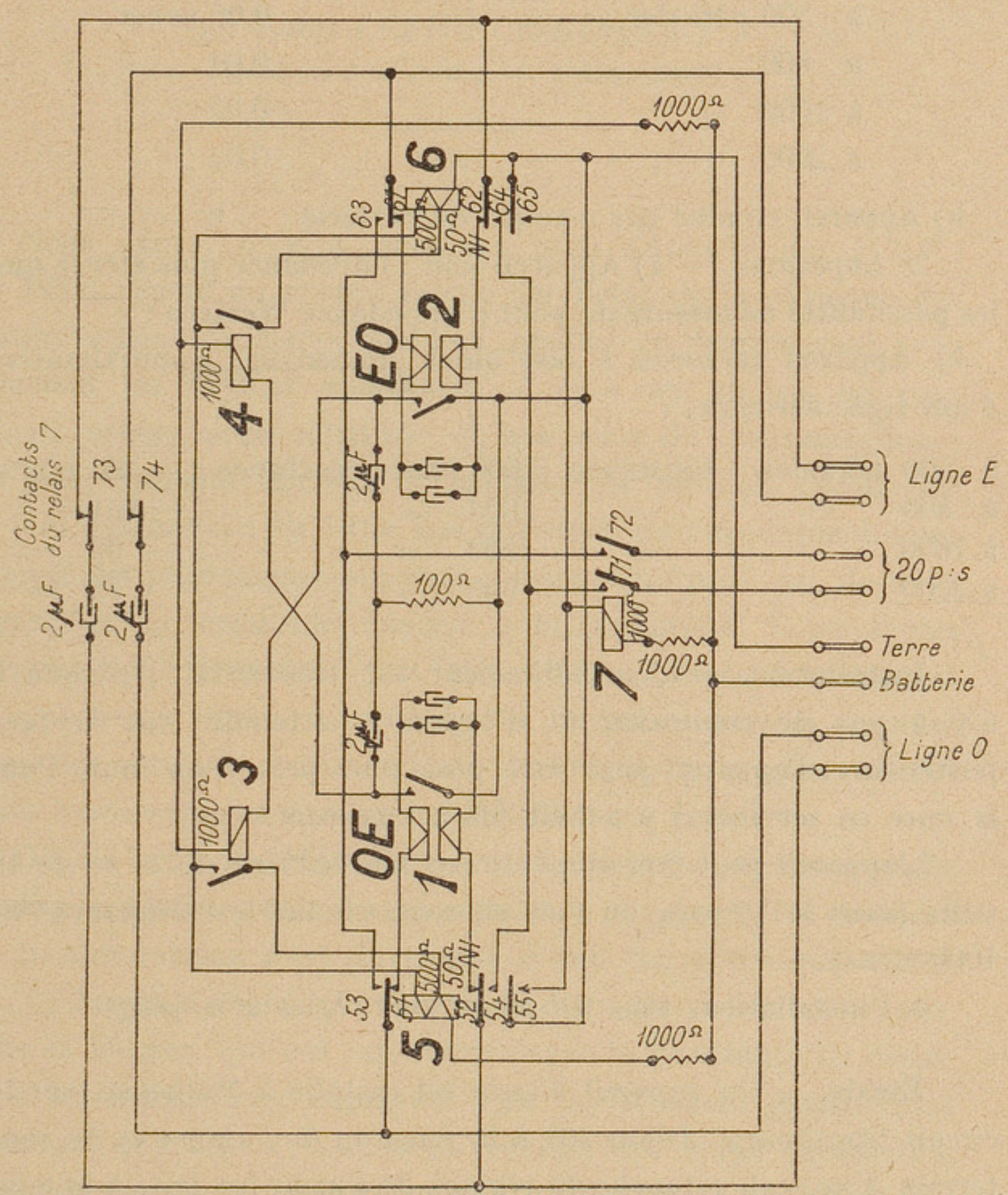
Un appel en sens inverse serait retransmis de façon symétrique.

1re remarque. — Les relais récepteurs d'appel (1 et 2) peuvent fonctionner avec de faibles intensités : ce sont des relais à noyau feuilleté, qui n'ont pas de contact de repos à assurer. Ils peuvent être accordés sur la fréquence du courant à recevoir, laquelle peut varier de 16 à 50 périodes. Le condensateur à prises variables permet de faire des combinaisons de capacités et d'obtenir des valeurs comprises entre $0^{\mu F},14$ et $1^{\mu F},75$.

2e remarque. — Le schéma est étudié pour éviter les « retours d'appel » qu'on observe parfois sur certains signaleurs.

3e remarque. — Si la batterie vient à manquer, les relais 5 et 6 sont relâchés et les deux tronçons de la ligne sont connectés directement par les contacts 53, 54 et 63, 64 ; la conversation n'est pas interrompue (Le relais 7 n'est pas attiré, faute de batterie). Ce dispositif est précieux dans les bureaux où les fusibles ne sont pas munis d'avertisseurs, ou encore lorsqu'il n'y a pas de personnel permanent pour l'entretien des installations.

4e remarque. — Le système constitué par une résistance de 100 ohms et un condensateur de 2 microfarads monté en dérivation sur les contacts des relais 1 et 2 a un double rôle : il protège les contacts contre les étincelles et il prolonge l'action du contact lorsque, à la réception de courants très affaiblis, celui-ci ne s'établit que de façon intermittente.


Contacts du relais 7
73
74
2μF
2μF
1000Ω
4
3
EO
OE
2
1
6
5
7
63
62
64
65
53
52
54
55
500Ω
50Ω
N1
100Ω
1000Ω
72
Ligne E
20 p:s
Terre
Batterie
Ligne O

Mesures effectuées sur l'appareil. — Des mesures ont été effectuées sur cet appareil afin de s'assurer que son insertion dans un circuit n'affaiblit pas l'audition de façon sensible et n'introduit pas de distorsion.

1° *Affaiblissement* : a) Appareil en service :

à 500 périodes :	0,06 neper,
à 800 —	0,04 —
à 1600 —	0,03 —
à 2000 —	0,03 —

b) Appareil éliminé par manque de batterie : 0 —

2° *Impédance.* — a) Appareil seul : impédance plus élevée que les possibilités de mesure du pont d'impédance Western ;

b) Appareil raccordé à 600 ohms (impédance approximative d'une ligne aérienne) :

à 500	périodes :	résistance :	600 ohms,	réactance :	— 301	ohms,
à 800	—	—	603 —	—	— 161	—
à 1600	—	—	609 —	—	— 90	—
à 2000	—	—	609 —	—	— 75	—

Installation. — L'encombrement est très réduit ; comme il n'y a pas de connexion ni d'organe à atteindre sur la face postérieure, l'appareil peut être posé tout près d'un mur. Pour la mise en service, il y a huit fils à raccorder.

L'appareil peut être alimenté par une batterie de 24 ou de 48 volts (dans le 1er cas, on met en court-circuit les résistances de 1000 ohms).

A l'installation, tous les relais sont réglés à la jauge.

Essais. — Un appareil d'essai est installé à Mulhouse, sur le circuit Strasbourg—Dijon 201 à la jonction de l'aérien et du souterrain. Une seule retouche du réglage de l'usine fut faite à la mise en service ; elle était imposée par les conditions particulièrement difficiles de l'expérience. Depuis sa mise en service, le 20 novembre 1931, l'appareil fonctionne sans surveillance, dans un local fermé à clef. Aucun trouble de service n'avait encore été signalé au 1er septembre 1932.

RÉCENTES DÉCOUVERTES DANS LE DOMAINE DES TRANSMUTATIONS ATOMIQUES,

par Louis LEPRINCE-RINGUET,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Nous avons, il y a quelques mois (*Annales des P.T.T.*, mai 1932), donné un aperçu rapide sur l'état de la physique des transmutations nucléaires que l'on produit en désintégrant artificiellement les noyaux atomiques. Il y a un an, on ne connaissait encore avec certitude qu'une sorte de transmutation : celle des éléments légers avec émission de protons, découverte par lord Rutherford en 1919. Les difficultés de l'expérimentation, la rareté des phénomènes observés n'avaient autorisé que de lents progrès, et la certitude relative à la possibilité d'opérer des transmutations d'atomes avait été difficile à obtenir. Pourtant les expériences faites au cours des dernières années avaient donné des résultats suffisamment concordants pour que certains points fondamentaux fussent indubitablement acquis.

Depuis la fin de 1931, un très grand nombre de découvertes de première importance sont venues enrichir la physique, et le domaine des transmutations s'est développé d'une façon presque explosive. Ce furent d'abord les travaux de deux physiciens allemands, Bothe et Becker, qui ont mis en évidence la possibilité de désintégrer les atomes avec expulsion d'un rayonnement gamma plus pénétrant que les rayonnements connus des corps radioactifs. Ce furent ensuite les recherches effectuées dans le laboratoire de Mme Curie sur le même effet, qui ont abouti, comme on le sait, à la mise en évidence d'un rayonnement d'une nouvelle espèce, capable de projeter des noyaux atomiques à distance ; cette découverte de première importance a permis d'établir l'existence d'un constituant nouveau, le *neutron*, et cette apparition a modifié

profondément les idées que l'on se faisait sur la constitution des noyaux d'atomes. Très vite, des travaux complémentaires ont été effectués, spécialement dans le laboratoire de Rutherford à Cambridge, dans celui de M. Maurice de Broglie à Paris, dans celui de M. Perrin à la Sorbonne, à l'Institut du radium à Vienne et dans un ou deux laboratoires allemands, et le problème du neutron a pu faire rapidement de très grands progrès : en particulier, Chadwick a pu mesurer la masse du neutron ; Feather a constaté que le neutron était un agent extraordinairement efficace de désintégration atomique ; plusieurs groupes de neutrons ont été mis en évidence ; mais il faudra encore de longs mois avant que soient élucidés bien des points.

Presque simultanément, au printemps de 1932, au laboratoire Cavendish, une autre découverte d'une très grande importance fut faite par Cockroft et Walton : ces deux physiciens ont trouvé qu'il était possible de désintégrer les corps au moyen de protons, et non pas seulement au moyen de particules alpha comme on le faisait antérieurement ; bien plus, ils ont montré que des protons d'une énergie relativement faible (100.000 électron-volts) étaient capables de pénétrer dans les noyaux atomiques ; et cela prouve que ces noyaux sont moins inviolables qu'on ne le pensait et que ne le laissaient prévoir les expériences des années précédentes : grâce à des sources intenses de protons accélérés, ils ont pu établir que la plupart des éléments, et même le plus lourd d'entre eux, l'uranium, pouvaient être désintégrés de cette façon : en un mois, ils ont apporté à la physique un nombre de résultats aussi considérable que ce que les dix années précédentes avaient fourni dans ce domaine.

Enfin, dans un ordre d'idées un peu différent, une découverte importante est venue s'ajouter à tout cela : il s'agit de la possibilité d'opérer des désintégrations atomiques par les rayons cosmiques ; ces rayonnements, sur la nature desquels on n'est pas encore tout à fait fixé, mais que l'on sait extrêmement énergiques, seraient capables de dissocier les constituants des noyaux, et des expériences ont été faites avec le plomb.

Nous allons faire rapidement le point relatif à ces différents

problèmes ; mais nous pouvons dire que c'est le perfectionnement des méthodes de détection, perfectionnement très notable au cours de ces dernières années, qui a permis d'obtenir rapidement une quantité aussi impressionnante de résultats.

Caractères communs aux transmutations artificielles. — La transmutation artificielle intéresse les noyaux des atomes : ceux-ci, sous l'action d'un bombardement suffisamment efficace, peuvent exploser, en libérant des corpuscules contenus dans leur intérieur. Le mode de transmutation le plus étudié est celui qui a été découvert en 1919 et dont voici le schéma : une feuille d'un métal léger (aluminium, par exemple) est soumise au bombardement des particules alpha d'une substance radioactive ; de temps en temps, un des noyaux d'aluminium, atteint de façon privilégiée par une des particules incidentes, fait explosion. Comment sait-on que ce phénomène se produit ? Uniquement parce que l'on voit apparaître, dans l'air ou le gaz avoisinant, un proton animé d'une grande vitesse et dont la présence ne peut être expliquée que par l'explosion du noyau d'aluminium : ce proton, étant très léger, est capable de traverser une quantité notable d'air et peut être détecté par un appareil placé sur sa trajectoire. Les autres produits de l'explosion, vraisemblablement lourds, ne peuvent sortir de la feuille d'aluminium et il est impossible de les détecter.

C'est le même genre de phénomène qui se produit lorsque, par exemple, on bombarde avec des neutrons un gaz comme l'azote ou l'oxygène : de temps en temps, un neutron pénètre d'une façon particulière dans un noyau d'azote ou d'oxygène, et ce choc privilégié libère, par explosion du noyau, des corpuscules rapides, que l'on détecte. Ainsi c'est le passage de particules de grande vitesse, isolées et rares, qu'il y a lieu de déceler pour avoir la preuve expérimentale de la désintégration artificielle : le problème est donc lié à la possibilité de détecter les passages de noyaux atomiques en mouvement rapide, et aussi de connaître, pour chacun d'eux, la nature, la direction, l'énergie correspondantes. En réalité, il y a plusieurs méthodes qui permettent cela, mais aucune

d'elles n'est complète : on trouvera un exposé de cette question dans les *Annales des P.T.T.* de juin 1931 ; rappelons simplement que les plus importantes sont la méthode de la chambre à détente de Wilson, qui, seule, permet d'avoir la photographie des trajectoires individuelles des corpuscules, et aussi la méthode de l'amplification de l'ionisation, qui est la plus récente en date, et qui, seule, donne une indication sur l'énergie de la particule. Nous n'insisterons pas davantage sur ce problème expérimental et nous passerons à la description des découvertes de cette année.

Transmutations artificielles produites par les rayons alpha. — On sait que les premières transmutations découvertes ont été produites par bombardement des particules α sur des éléments légers, avec expulsion de protons. En 1931, on ne connaissait que ce mode de transmutation : nous en avons dit quelques mots plus haut, et nous rappellerons seulement les résultats certains que l'on a acquis : tous les éléments légers, depuis le bore jusqu'au potassium, se sont montrés désintégrables, sauf peut-être le carbone et l'oxygène, pour lesquels il y a doute. Le rendement de transmutation est de l'ordre d'un millionième dans le cas le plus favorable, c'est-à-dire qu'il faut envoyer sur le corps bombardé plus d'un million de particules α pour opérer la désintégration d'un seul noyau ; la petitesse de ce rendement est due au fait que les noyaux, dans une feuille d'aluminium par exemple, sont de très petites dimensions (10^{-12} centimètres), et que les distances les séparant sont très grandes : ainsi la plupart des particules α ne rencontrent pas en plein un noyau d'aluminium ; elles perdent leur énergie très vite par freinage dans le champ électronique des atomes. Ainsi le rendement est extrêmement faible, et c'est une très grande difficulté pour l'expérimentateur. Les protons émis par les noyaux désintégrés se répartissent en un véritable spectre de vitesses : dans le cas de l'aluminium, qui a été particulièrement bien étudié, ce spectre serait constitué d'au moins trois ou quatre valeurs différentes d'énergies de protons ; la plus grande énergie correspond à une réaction nucléaire exothermique,

c'est-à-dire que le proton est émis avec une énergie supérieure à celle de la particule α incidente.

Pendant qu'on étudiait avec soin les seuils ou les résonances d'excitation des noyaux atomiques, ainsi que les spectres des protons émis, Bothe et Becker ont découvert que le glucinium, bombardé par les particules α du polonium, émettait des rayonnements d'un pouvoir de pénétration très grand : ils crurent, et c'était bien légitime, avoir affaire à une émission nucléaire provoquée de rayons γ et ils pensèrent que les particules enregistrées dans leurs compteurs étaient des électrons secondaires de ces rayonnements γ : les compteurs qu'ils employaient ne donnaient pas de renseignements sur la nature des particules enregistrées, mais simplement sur leur nombre, et il n'était pas possible, pour ces deux physiciens, de découvrir parmi ces corpuscules la présence de noyaux atomiques, comme cela fut fait plus tard.

I. Curie et F. Joliot reprirent ces expériences avec des sources de polonium extrêmement importantes à la fin de 1931 : grâce à cela, et en utilisant comme moyen de détection un électromètre Hoffmann relié à la chambre d'ionisation, et aussi l'appareil de Wilson, ils purent mettre en évidence, dans ce rayonnement très pénétrant, la présence de protons animés de grandes vitesses, puis, peu de temps après, la présence de noyaux atomiques plus lourds : ces protons et ces noyaux atomiques étaient émis par chocs de ce rayonnement très pénétrant contre des noyaux d'atomes au repos : ainsi, lorsqu'on plaçait de la paraffine, riche en hydrogène, dans le champ de ce rayonnement, on pouvait voir des protons rapides expulsés de la paraffine. Cette découverte est d'une très grande importance, car on ne connaissait jusqu'alors aucun rayonnement capable de libérer à distance des noyaux atomiques. Les particules α, les électrons, les rayons X ou γ se manifestent par l'apparition de phénomènes secondaires qui sont seulement des électrons : il s'agissait donc d'un rayonnement nouveau, ou bien de propriétés nouvelles d'un rayonnement de même espèce que les rayonnements connus, mais d'une énergie plus grande.

La première hypothèse fut d'attribuer ces effets à un rayonnement γ ultra-pénétrant : le proton serait émis d'une façon ana-

logue à l'électron de Compton, mais son parcours serait suffisamment grand parce que l'énergie des photons correspondants serait très grande ; on expliquait assez bien le premier résultat en admettant que le glucinium, excité par les rayons α, émettait des rayons γ de 50 millions d'électron-volts.

Peu à peu, apparurent des difficultés qui rendirent impossible d'admettre cette hypothèse. C'est alors que Chadwick, au laboratoire Cavendish, reprenant avec la méthode de l'amplificateur d'ionisation et de la chambre de Wilson les expériences d'I. Curie et F. Joliot, eut l'idée d'attribuer ces effets à un rayonnement constitué de neutrons. Le neutron avait déjà été envisagé par plusieurs auteurs et à plusieurs reprises, mais aucune expérience n'avait permis de le placer dans la réalité : ce furent les expériences du laboratoire Curie qui, les premières, donnèrent une base solide à cette hypothèse. Le mérite de Chadwick fut de déterminer la masse approximative de ce neutron, et il faut dire que les expériences poursuivies depuis six mois n'ont pas infirmé cette manière de voir. Le neutron serait constitué par un noyau d'hydrogène et un électron étroitement liés, de sorte que le champ extérieur électrique formé par cet assemblage serait très rapidement nul : un tel élément, sans champ électrique extérieur appréciable, pourrait passer à travers la matière avec une grande facilité, puisque c'est précisément le champ électrique positif des particules α ou des protons qui provoque leur freinage. La masse du neutron, calculée au moyen du choc des neutrons sur les atomes et de l'énergie communiquée aux noyaux de recul des différents, s'est trouvée voisine de la masse du noyau d'hydrogène, et la perte de masse par association intime du proton et de l'électron, lors de la formation du neutron, est assez faible et de l'ordre du millième seulement de la masse du proton.

L'étude du neutron, de son absorption par la matière, de sa grande dispersion, de ses propriétés diverses se poursuit actuellement. Les faits qui le différencient des autres rayonnements sont très nombreux. Tout d'abord, indépendamment de la possibilité de libérer, par choc, des noyaux atomiques rapides, on a montré que la matière l'arrêtait d'une façon très inattendue :

alors que, pour les rayonnements connus, ce sont les électrons périphériques des atomes qui interviennent dans le ralentissement d'un faisceau, il n'en n'est pas de même dans le cas des neutrons, et l'interaction entre un neutron et un électron est pratiquement négligeable. On peut dire que l'arrêt du neutron par la matière se fait presque exclusivement par le choc du neutron contre les noyaux atomiques qu'il rencontre : si l'on veut une comparaison grossière, les noyaux atomiques sont comme des billes très petites et très espacées, et le neutron est une bille lancée au milieu d'elles avec une grande vitesse : elle ne sera déviée de son chemin, ou dispersée, ou arrêtée que par le choc direct avec les billes au repos. En poussant la comparaison un peu plus loin, le neutron, dont la masse est approximativement celle de l'atome d'hydrogène, pourra être comparé à une bille très légère ; les autres, suivant qu'elles appartiendront à des atomes lourds ou à des atomes légers, auront des poids correspondants ; aussi le choc du neutron sur les noyaux d'atomes, en supposant toujours qu'il ne s'agisse que d'un choc élastique, ne donnera pas les mêmes résultats sur des éléments lourds ou sur des éléments légers : en particulier, lorsque le neutron heurtera un atome d'hydrogène de même masse, il ne pourra être, dans le cas le plus favorable, arrêté net, et toute son énergie sera communiquée à l'atome d'hydrogène, qui sera alors projeté en avant ; la connaissance de cette énergie donnera donc la valeur de celle du neutron incident. Au contraire, dans le cas extrême où le neutron heurte en plein un atome très lourd, le plomb par exemple, le neutron sera renvoyé vers l'arrière par réflexion et le noyau de plomb ne sera pour ainsi dire pas mis en mouvement. Cela explique comment on envisage actuellement l'absorption des neutrons par la matière, et pourquoi il est très difficile de donner un coefficient d'absorption pour ces rayonnements. Mais, d'une façon générale, on peut dire qu'un faisceau étroit de neutrons est réduit de moitié après traversée d'une épaisseur de matière solide de l'ordre de 5 à 10 centimètres : dans ce processus d'absorption, le plomb ne joue plus le rôle privilégié qu'il jouait pour les autres rayonnements, car le nombre de noyaux d'atomes de plomb par unité de volume

est très faible ; aussi le plomb n'absorbe t-il guère plus, à épaisseur égale, que des corps très légers comme l'aluminium ou la paraffine, et il est plus efficace, pour se protéger des neutrons, d'utiliser une enveloppe de paraffine qu'une enveloppe de plomb.

Le glucinium n'est pas le seul élément capable de libérer des neutrons : le bore possède les mêmes propriétés, et nous avons pu montrer que le lithium émettait aussi des neutrons sous le bombardement des rayons α de l'émanation du radium.

Parmi les propriétés les plus extraordinaires des neutrons, il en est une d'un intérêt tout particulier. Puisque le champ électrique est à peu près nul dans son voisinage, on peut prévoir que les barrières de potentiel qui entourent les noyaux des atomes n'auront guère d'efficacité contre lui. Les noyaux atomiques sont, en effet, défendus par des barrières de potentiel telles, qu'il faut, pour pouvoir pénétrer à l'intérieur, des corpuscules animés de grandes énergies : on admet généralement, à la suite de Gamow, que les barrières de potentiel entourant les noyaux sont de l'ordre de plusieurs millions d'électron-volts. Si l'on s'en tenait aux règles de la mécanique classique, cela signifierait qu'une particule α, chargée positivement, ne pourrait pénétrer dans un tel noyau que si son énergie cinétique était supérieure à cette valeur ; mais, avec les nouvelles mécaniques, on montre que, même avec une énergie beaucoup plus faible, une telle particule peut encore, avec une probabilité naturellement très faible, pénétrer dans le noyau Dans le cas du neutron, ces barrières de potentiel ne devront plus jouer un aussi grand rôle, et l'on peut prévoir que le neutron pénètrera facilement dans l'intérieur des noyaux atomiques et pourra en provoquer la désintégration beaucoup plus facilement que ne pouvaient le faire les particules α.

Des expériences en ce sens furent tentées, en bombardant différents gaz au moyen de faisceaux de neutrons. Feather a utilisé la chambre de Wilson, remplie d'azote dans une première série d'expériences et remplie d'oxygène dans une autre série ; les neutrons étaient obtenus par bombardement d'une pastille de glucinium au moyen de particules α du polonium : ils traversaient la chambre de Wilson et, de temps à autre, par chocs privilégiés,

mettaient en mouvement un noyau atomique du gaz, que l'on pouvait alors photographier. Or, en plus des trajectoires de ces noyaux de recul qui étaient prévues, Feather a trouvé un assez grand nombre de trajectoires présentant une fourche : l'étude approfondie de ces trajectoires a montré qu'il s'agissait de la désintégration des noyaux d'azote par les neutrons, désintégration qui se manifestait par l'apparition des bras de la fourche. Le rendement de ces transmutations est considérable : au lieu du millionième ou du dix-millionième dans le cas des particules α, on obtient des rendements d'un ordre de grandeur 1000 fois plus grand ; et ceci est un argument de plus en faveur de l'existence du neutron et de sa constitution telle qu'on l'imagine actuellement.

Quittons maintenant le domaine des neutrons, et donnons un aperçu sur les récentes découvertes de Cockroft et Walton.

Transmutations artificielles par les protons. — On pouvait se demander si les noyaux d'atomes feraient explosion sous l'action non seulement de particules α, mais de protons animés de mouvements rapides. Jusqu'à cette année, l'expérience n'avait pu être réalisée, car on ne possédait, comme source de projectiles, que les particules α des corps radioactifs, et l'on sait que les corps radioactifs n'émettent pas spontanément de protons. Pour disposer de protons rapides en quantité suffisamment grande, il fallait avoir des sources de rayons-canaux d'hydrogène, et accélérer ces rayons dans un champ électrique puissant ; pourtant on ne pouvait espérer obtenir, par ce procédé, actuellement tout au moins, des accélérations correspondant à plusieurs millions de volts, puisqu'on est capable de produire seulement des champs constants de plusieurs centaines de mille volts.

D'ailleurs il y a plusieurs méthodes permettant d'accélérer des ions positifs. L'une d'elles consiste à les soumettre tout simplement à un champ électrostatique élevé constant, comme on fait pour les électrons que l'on accélère lorsqu'on les projette sur l'anticathode des tubes à rayons X. Une autre méthode consiste à mettre les ions positifs dans un champ de haute fréquence : une première alternance du champ donne une accélération aux ions,

qui sont envoyés dans un petit cylindre de Faraday pendant l'alternance inverse ; dans la demi-période suivante, pendant laquelle le champ se retrouve dans le même sens qu'au début, les ions sortent du cylindre de Faraday et se trouvent ainsi soumis à cette nouvelle alternance, qui leur communique une accélération supplémentaire ; au cours de la demi-période suivante, pendant laquelle le champ inverse détruirait l'effet d'accélération, on préserve encore les ions en les faisant traverser un autre cylindre de Faraday, et ainsi de suite : on obtient alors, à chaque passage entre deux des cylindres, une impulsion nouvelle, et la somme des accélérations communiquées aux ions finit par leur donner une vitesse considérable ; il y a plusieurs variantes dans la disposition géométrique de ces appareils, et les meilleurs résultats ont déjà permis à Lawrence et ses collaborateurs d'obtenir des ions accélérés de 7 millions d'électron-volts.

Ce second procédé, qui est d'un grand avenir à coup sûr, est tout récent, et ce n'est pas grâce à lui que les transmutations par les protons ont été découvertes : c'est au moyen du premier dispositif que nous avons décrit, c'est-à-dire au moyen de protons accélérés seulement par un champ électrostatique constant de plusieurs centaines de kilo-volts. Cockroft et Walton ont produit des protons au moyen d'un tube à décharge dans l'hydrogène avec une tension d'environ 50.000 volts ; ces protons traversent un petit canal séparant le tube à décharge du tube accélérateur, puis sont accélérés dans un champ pouvant aller jusqu'à 700.000 volts ; grâce à des systèmes d'écrans, on arrive à obtenir un faisceau fin de protons, d'une intensité de plusieurs micro-ampères ; ces protons tombent sur la substance que l'on cherche à désintégrer, et l'on place à 90° sur le faisceau incident des appareils capables de détecter les rayonnements émis sous l'action des protons.

Le lithium s'est montré désintégrable par les protons avec émission de deux particules α. L'importance de ce résultat est due surtout à deux causes : tout d'abord l'énergie des protons incidents capables d'opérer cette transmutation n'est que de 100.000 électron-volts, et l'énergie des particules α libérées cor-

respond à environ 15 millions d'électron-volts ; on voit donc que l'énergie libérée par ce processus est plus de 100 fois l'énergie incidente : si l'on pouvait, avec chaque proton incident, désintégrer un noyau de lithium, on aurait un moyen de provoquer une libération d'énergie extraordinaire ; mais il faut beaucoup de protons pour que l'un d'eux ait la chance d'opérer une telle transmutation, et le rendement de l'opération, au point de vue de l'énergie totale mise en jeu, n'est encore que de l'ordre du millième ou moins. Un très grand nombre d'autres éléments se sont montrés aussi désintégrables : le bore, le fluor, le glucinium, le carbone, l'aluminium, etc... et même l'uranium, le plus lourd de tous, ce qui est extrêmement surprenant car il est bien peu vraisemblable qu'un proton de 100.000 volts soit capable de franchir la barrière de potentiel de ce noyau lourd, avec une probabilité qui ne soit pas infiniment petite. L'étude de ces transmutations se poursuit, et tout dernièrement Lawrence et ses collaborateurs ont confirmé les résultats de Cockroft. Ce sont des résultats d'une importance extrême, qui constituent une série d'expériences remarquables, nettes et ne pouvant être mises en doute.

Ainsi les protons sont capables de pénétrer dans les noyaux des atomes, de provoquer des désintégrations, et la voie est ouverte actuellement à l'obtention de rendements de transmutation bien plus considérables que ce à quoi on pouvait s'attendre il y a seulement quelques mois.

Transmutations produites par les rayons cosmiques. — Le rayonnement ultra-pénétrant naturel que l'on appelle *rayonnement cosmique* fait l'objet, depuis plusieurs années, de recherches très patientes et très difficiles. On est maintenant complètement assuré de son existence : c'est un rayonnement dont l'intensité est beaucoup plus forte à haute altitude qu'au niveau de la mer, qui se manifeste par l'apparition de corpuscules d'une énergie extrêmement grande (parfois plusieurs centaines de millions d'électron-volts) à raison d'un corpuscule par centimètre carré de surface horizontale et par minute environ. Ce qu'on ne sait pas, en plus, bien entendu, de leur origine, c'est d'une part la

nature de ces corpuscules, que l'on peut supposer être des électrons, mais qui sont peut-être en partie des noyaux atomiques lancés à des vitesses considérables, et d'autre part le genre de phénomène primaire secondaire d'un autre rayonnement, qu'ils représentent : la question n'est pas tranchée et il est vraisemblable que, dans la partie observable (c'est-à-dire corpusculaire) du rayonnement cosmique, il y a beaucoup de choses : électrons, noyaux d'atomes plus ou moins rapides, etc... et que ces rayonnements cosmiques peuvent produire des effets dont actuellement on n'a encore aucune idée. On peut dire toutefois que leur énergie est extrêmement grande, très grande en particulier vis à vis de celle qui lie entre eux les différents éléments des noyaux atomiques : pour ces rayonnements cosmiques, les éléments des noyaux atomiques doivent être considérés presque comme libres l'un par rapport à l'autre, alors que, pour les énergies que nous pouvons produire artificiellement, ces éléments nous paraissent liés d'une façon très étroite. Or des recherches effectuées depuis plusieurs années par Hoffmann d'abord, par Steinke et Schindler ensuite, semblent montrer que les rayons cosmiques sont capables de produire de véritables transmutations de noyaux d'atomes ; voici comment ces premières expériences ont été conduites.

Dans une chambre d'ionisation contenant du gaz à haute pression, et reliée à un électromètre compensé, on observe, par enregistrement du mouvement de l'électromètre, l'ionisation produite par la radiation pénétrante. Hoffmann constate que, de rares fois par jour, une impulsion brusque se manifestait, pouvant correspondre au passage dans la chambre d'un rayon d'une très grande énergie (plus de 10 fois l'énergie maximum des particules α que l'on connait) ; il attribua ce phénomène à une perturbation dans son appareil, et il continua ses expériences sans pouvoir éliminer ces impulsions rares. En transportant son dispositif au fond de mines, il constata simultanément la disparition du rayonnement cosmique et la disparition de ces impulsions ; ce fut alors qu'il pensa qu'un lien pouvait exister entre les deux phénomènes. Steinke et Schindler reprirent ces expériences avec, aussi, une chambre d'ionisation à haute pression reliée à un électromètre

compensé : ils retrouvèrent des impulsions, qui se produisaient environ tous les 5 ou 6 jours lorsque la chambre d'ionisation n'était pas recouverte de plomb, et à une fréquence décuple lorsque l'on couvrait extérieurement la chambre d'ionisation d'un revêtement de plomb d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. Au total, ils mesurèrent un nombre d'impulsions un peu inférieur à un millier, ce qui est fort peu de chose ; mais il semble bien que leurs expériences, soigneusement menées, permettent de penser qu'on se trouve en présence d'une véritable désintégration rare du plomb par les rayons cosmiques : le noyau de plomb émettrait un rayon d'un pouvoir de pénétration très considérable, d'une énergie bien supérieure à celles que l'on connaît, et l'impulsion de l'électromètre serait due au passage de ces rayons dans la chambre d'ionisation. Il y a lieu d'attendre la confirmation de ces résultats, qui peuvent être d'une importance extrême et qui montrent en tout cas combien le domaine des transmutations, c'est-à-dire de la connaissance des noyaux atomiques s'étend de mois en mois.

Grâce aux méthodes de détection qui sont de plus en plus perfectionnées, grâce surtout à la possibilité de créer des sources de projectiles d'une intensité très considérable, possibilité qui n'est actuellement qu'à son début, on peut être assuré de progrès très rapides dans l'étude des transmutations, et les années qui vont suivre nous apporteront des résultats très nombreux et très précieux dans la connaissance des noyaux atomiques.

LES OSCILLATEURS A FRÉQUENCE TRÈS ÉLEVÉE ET LES RADIOCOMMUNICATIONS PAR ONDES TRÈS COURTES, [1]

par C. GUTTON,
directeur du Laboratoire national de radioélectricité.

Le procédé qui sert couramment à entretenir, le long d'un circuit oscillant ou d'une antenne, les oscillations qu'utilise la radiotélégraphie ne peut pas servir à l'obtention d'ondes très courtes, de quelques décimètres de longueur. La durée du parcours des électrons entre la grille et la plaque de la lampe triode de l'oscillateur devient une trop importante fraction de la période. Pour obtenir des oscillations de fréquence très élevée, on doit employer des méthodes différentes, pour lesquelles cette durée de parcours ne constitue plus une gêne, mais intervient, au contraire, utilement, Ces procédés ont été imaginés par Barkhausen et Kurz. Depuis, différentes combinaisons analogues ont été mises en œuvre avec succès et utilisées à des liaisons sans fil qui ressemblent beaucoup aux liaisons optiques. Nous nous proposons de décrire les oscillateurs à ondes très courtes et d'indiquer comment on peut essayer de concevoir leur mode de fonctionnement compliqué et encore peu expliqué.

I. Intérêt de l'obtention d'ondes entretenues très courtes. — Il est bien connu que le fonctionnement d'un relais amplificateur peut devenir instable lors d'une réaction l'un sur l'autre des circuits d'entrée et de sortie du relais. Ces circuits deviennent alors le siège de courants alternatifs entretenus. La lampe triode étant un relais amplificateur permet donc d'entretenir des oscillations en cou-

---

1. Article paru dans la *Revue générale de l'électricité* du 17 septembre 1932.

plant les circuits de grille et de plaque. A cause de l'absence d'inertie mécanique, le relais peut suivre des variations très rapides et est, de ce fait, capable aussi d'entretenir des oscillations électriques de fréquence très élevée. C'est lui qui sert aujourd'hui, presque exclusivement, à assurer les communications radiotélégraphiques et radiotéléphoniques.

Pour augmenter le domaine des longueurs d'onde utilisables, pour obtenir avec des miroirs paraboliques des faisceaux de rayons de force électrique, soit encore pour étudier la propagation dans les milieux diélectriques des ondes électromagnétiques, il est fort intéressant de pouvoir entretenir des fréquences très élevées. Ce sont les raisons pour lesquelles les radiotélégraphistes et les physiciens ont cherché à produire, par les triodes, des ondes entretenues aussi courtes que possible.

Par la méthode habituelle de couplage des circuits de lampe triode, on est arrivé à entretenir des oscillations dont la longueur d'onde est de l'ordre du mètre et dont la fréquence est 300 millions de périodes par seconde. La décharge par étincelle a depuis longtemps été utilisée pour obtenir des ondes beaucoup plus courtes ; mais elle ne donne que des trains d'ondes très amorties et non une véritable oscillation périodique. En analysant le mode de fonctionnement des générateurs d'ondes longues à triode, on s'aperçoit que les méthodes qui servent à les entretenir ne peuvent plus convenir pour des longueurs d'onde de quelques décimètres.

II. Impossibilité d'obtenir, par le couplage des circuits d'un triode, des oscillations de fréquence très élevée. — Soit un oscillateur construit comme l'indique le schéma de la figure 1. Appelons L l'inductance de la bobine A et M l'inductance mutuelle des bobines B et A, I l'intensité efficace du courant le long de cette dernière bobine, ω la pulsation des oscillations. Les valeurs efficaces des variations de potentiel de la plaque et de la grille sont respectivement $L\omega I$ et $M\omega I$, aux très faibles chutes de tension non inductives près. Si la durée du trajet des électrons entre la grille et la plaque n'est qu'une fraction négligeable de la période, ce qui arrive lorsque l'oscillateur fonctionne sur des ondes de longueur supérieure à

quelques mètres, les variations d'intensité du courant dans le circuit de la plaque suivent les variations de potentiel de la grille et sont en phase avec elles.

Pour que l'entretien des oscillations puisse être obtenu, il faut que de la puissance soit fournie au circuit oscillant. Cette puissance est le produit de l'intensité efficace de la composante alternative J du courant fourni par la lampe au circuit oscillant et de la différence de potentiel $L\omega I$ entre les points a et b. Le facteur de puissance est très voisin de l'unité, car le courant J est en phase avec la variation de potentiel $M\omega I$ de la grille. Mais, pour que cette puissance soit fournie au circuit, il faut que $L\omega I$ et J ou $M\omega I$ soient en opposition de phase, c'est-à-dire que les connexions de la bobine B avec le filament et la grille soient établies dans un sens tel, que le potentiel de la grille baisse, tandis que celui de la plaque s'élève. Les résistances non-inductives, d'une part, le retard dû à la durée du trajet des électrons entre la grille et la plaque, d'autre part, diminuent le facteur de puissance ; dans le cas des circuits peu résistants et des ondes longues, ce dernier reste toutefois très voisin de l'unité et il se produit une fourniture de puissance au circuit oscillant.

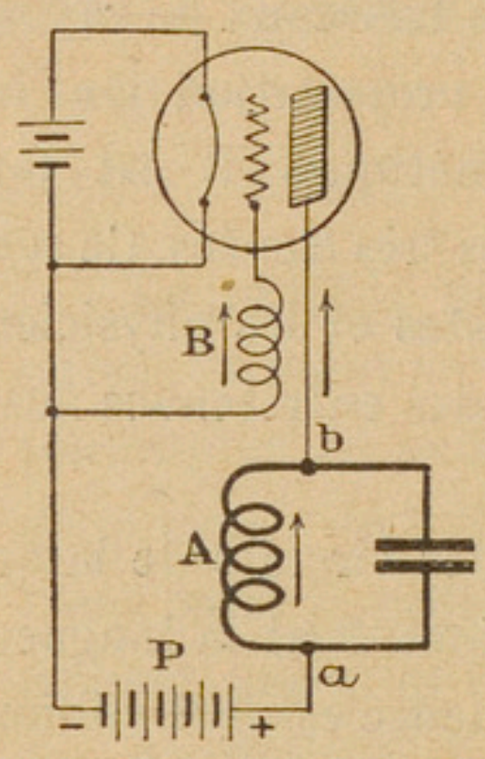


Fig. 1. — Schéma de montage d'un oscillateur à ondes longues.

Les oscillations s'amorcent lorsqu'une petite perturbation initiale, due, par exemple, à la fermeture d'un des circuits, trouble l'état d'équilibre électrique du circuit oscillant et y provoque de petites oscillations. Si l'inductance mutuelle des deux bobines A et B est suffisante pour que la puissance moyenne fournie par la lampe surpasse celle qui est perdue par effet Joule, ces petites oscillations augmentent d'amplitude ; puis il s'établit un régime à amplitude constante, car, le courant dans le circuit de plaque ne pouvant dépasser le courant de saturation, la puissance que peut fournir la lampe est limitée.

Lorsque les oscillations à entretenir ont une fréquence si

élevée que la durée du trajet des électrons de la grille à la plaque n'est plus une fraction minime de la période, le courant alternatif fourni au circuit oscillant se trouve retardé et ne reste pas complètement actif. Il devient même tout à fait réactif si le temps de parcours des électrons atteint un quart de période. Le circuit oscillant ne reçoit plus de puissance et les oscillations ne peuvent plus être entretenues.

En admettant des tensions d'électrodes pour lesquelles la vitesse moyenne des électrons est de l'ordre de 10.000 km : s et en utilisant une lampe dont la distance entre la grille et la plaque est $0^{cm},5$, la durée de parcours, $0,5 \times 10^{-9}$ seconde, est égale au quart de la période d'oscillations dont la fréquence est $0,5 \times 10^{-9}$ p : s et la longueur d'onde, 60 centimètres. Dans les conditions que nous avons supposées et qui correspondent à peu près à celles dans lesquelles on emploie les petites lampes comme oscillatrices, la lampe ne peut plus entretenir des oscillations de 60 centimètres de longueur d'onde et entretient dans de très mauvaises conditions des ondes de longueur un peu supérieure.

L'expérience montre, en effet, que des triodes, même de petites dimensions, sont incapables d'entretenir des ondes de longueur peu inférieure au mètre par le procédé utilisé pour l'obtention de fréquences moins élevées.

Il a bien été possible d'entretenir des ondes de quelques décimètres de longueur, mais il a fallu recourir à des méthodes toutes différentes.

Barkhausen et Kurz, ayant porté la grille d'une petite lampe à un potentiel supérieur de quelques centaines de volts et la plaque à un potentiel peu différent de celui du filament, ont observé le passage d'un courant dans le circuit de plaque. Or, si les potentiels étaient invariables, on ne devrait, dans ces conditions, trouver aucun courant dans ce circuit. Barkhausen et Kurz en ont conclu qu'il devait se produire des oscillations et sont arrivés à en montrer l'existence. Dans ces oscillateurs, c'est sur le circuit de la grille et non plus sur celui de la plaque qu'est intercalée la pile qui fournit la puissance. La durée de parcours des électrons dans la lampe n'est plus un obstacle au fonctionnement ; c'est, au contraire, elle qui

intervient utilement. Les fréquences obtenues sont celles de variations périodiques de la densité électronique dans le champ de force des électrodes.

La durée de la période d'oscillation des électrons est définie par les dimensions, les positions relatives et les potentiels de ces électrodes, de sorte qu'une lampe triode dont la grille et la plaque sont portées à des potentiels donnés n'est pas capable, comme il arrive pour les ondes longues, d'entretenir une fréquence quelconque. On ne peut obtenir que celle qui correspond au mouvement des électrons dans la lampe, et le circuit oscillant ne peut être entretenu que s'il a été accordé sur cette fréquence. Le circuit d'un oscillateur de Barkhausen doit donc pouvoir être modifié et accordé sur la fréquence convenable.

III. Oscillateur de Barkhausen. — Cet oscillateur est monté comme l'indique la figure 2. A la grille et à la plaque de la lampe, sont connectés deux fils parallèles ab et a'b' sur lesquels peut glisser un pont p. Sur celui-ci, est intercalé un condensateur, de capacité assez grande pour que sa réactance, à la fréquence très élevée qu'il s'agit d'obtenir, reste très petite. Il permet, à l'aide de batteries de piles P et P', de porter la grille et la plaque à des potentiels différents. La différence de potentiel entre la grille et le filament sera de 200 à 300 volts, tandis que le potentiel de la plaque sera égal à celui du filament, ou en diffèrera de quelques dizaines de volts au plus. Une batterie P'' fournit le courant de chauffage du filament. Il est bon de disposer, sur les circuits de grille et de plaque, de petites bobines s et s' qui entravent le passage des courants de haute fréquence vers le filament.

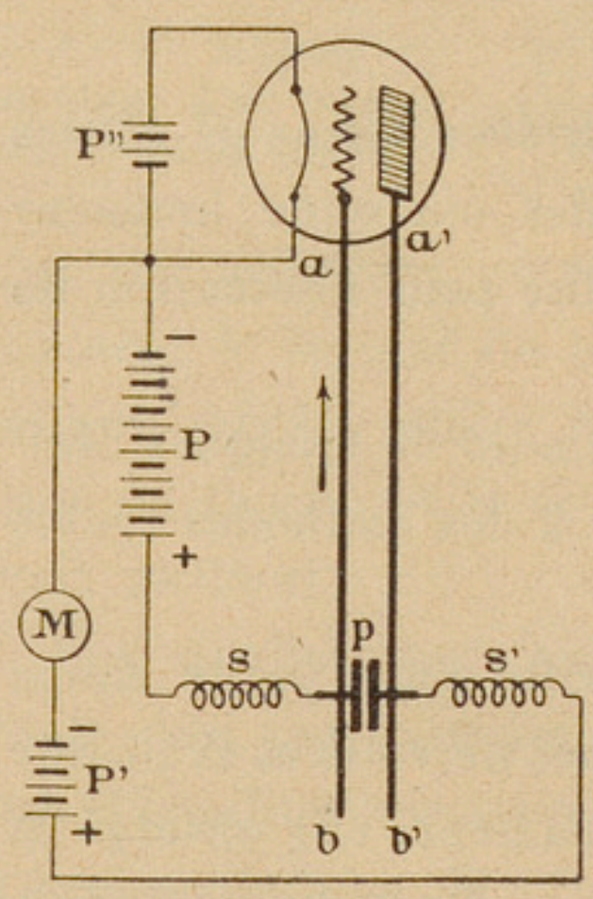


Fig. 2. — Schéma de montage de l'oscillateur de Barkhausen à ondes très courtes.

Le circuit dont on entretient les oscillations est constitué par

les deux fils ab et a'b', réunis d'une part par le pont p, et aboutissant d'autre part à la capacité formée par les électrodes de la lampe. L'accord de ce circuit s'obtient en déplaçant le pont ; le même accord se retrouve pour une série de positions du pont distantes d'une demi-onde.

Ainsi que l'ont observé Barkhausen et Kurz, on constate que, pour une série de positions équidistantes du pont, un milliampèremètre à courant continu intercalé sur le circuit de plaque indique le passage d'un courant. La ligne constituée par les fils ab et a'b' est alors le siège d'un système d'ondes stationnaires, de fréquence très élevée. Leur existence peut être décelée en installant au voisinage de l'oscillateur une ligne, fermée à une extrémité par un pont mobile et à l'autre par une soudure thermo-électrique reliée à un galvanomètre. Des oscillations sont induites le long de cette ligne, qui est en résonance pour des positions convenables du pont ; la soudure thermoélectrique est alors échauffée au maximum. L'observation des déviations du galvanomètre permet de déterminer avec une grande précision la valeur d'un internœud et, par suite, la longueur d'onde des oscillations. On la trouve égale à quelques décimètres.

Pour des positions convenables du pont p, l'oscillateur entretient donc, le long des fils ab et a'b', des oscillations de très courte longueur d'onde. Quelle est l'origine de ces oscillations ?

IV. Sur le fonctionnement de l'oscillateur de Barkhausen. — La théorie de l'oscillateur de Barkhausen n'a pas encore pu être établie complètement ; toutefois, en faisant intervenir la durée de parcours des électrons à l'intérieur de la lampe, il est possible de concevoir l'entretien d'oscillations dans la lampe et le circuit qui lui est relié.

Supposons, comme on le fait lors de l'étude des oscillations à ondes longues pour étudier les conditions d'amorçage des oscillations, qu'une petite perturbation initiale, provenant, par exemple, de la fermeture de l'un des circuits du triode, ait troublé l'état d'équilibre du circuit oscillant. Ce dernier y revient par des oscillations qui font varier périodiquement le potentiel des électrodes de la

lampe et aussi, par suite, l'intensité de champ entre la grille et le filament. Cherchons quel peut être le rôle de ces variations.

La différence de potentiel que la pile P établit entre le filament incandescent et la grille est égale à plusieurs centaines de volts et dépasse celle pour laquelle l'intensité du courant électronique entre la grille et le filament atteint la valeur limite qui correspond à la saturation. De petites variations du potentiel de la grille ne modifient donc pas le nombre des électrons qui, dans chaque intervalle de temps, quittent le filament. Mais les variations d'intensité du champ modifient d'un instant à l'autre la vitesse avec laquelle ces électrons se dirigent vers la grille.

Il y a lieu de remarquer que les lampes triodes qui permettent d'obtenir facilement des oscillations de Barkhausen sont des lampes à électrodes cylindriques. Le filament ayant un diamètre très petit vis à vis de celui du cylindre sur lequel s'enroule la grille, les lignes de force du champ électrique sont beaucoup plus serrées près du filament ; c'est donc dans la région voisine de ce dernier que l'électron acquiert la majeure partie de sa vitesse.

Les électrons lancés passent en grande partie à travers les mailles de la grille, ralentissent dans le champ antagoniste entre la plaque et la grille et reviennent après un certain temps à celle-ci.

Si la durée du trajet des électrons restait négligeable vis-à-vis de la période des oscillations du potentiel de la grille, l'intensité du courant qui atteint celle-ci resterait constante et égale au courant de saturation ; mais, comme il s'agit de fréquences très élevées, la durée du trajet atteint une fraction importante de la période. Puisque la vitesse acquise par les électrons au voisinage du filament varie périodiquement avec le temps, les électrons partis avec la plus grande vitesse ont devant et derrière eux des électrons plus lents ; ils se rapprochent donc de ceux qui les précèdent et s'écartent de ceux qui les suivent. Il en résulte des inégalités de la charge spatiale et des variations périodiques de l'intensité du courant fourni par la pile P.

Ce courant variable, dont la fréquence est celle du circuit apa', passe par le fil ab et y produit une force électromotrice d'induction qui, si elle a la phase et l'amplitude convenables, compense,

comme dans le cas des oscillateurs à ondes longues, la chute de tension non-inductive. La lampe fournit alors l'énergie au circuit oscillant ; la petite oscillation initiale augmente d'amplitude jusqu'à ce que s'établisse un régime d'entretien stable. Pour que l'énergie puisse être fournie, il faut que, pendant la plus grande partie de la période, les variations d'intensité du courant électronique soient en sens inverse de celles du potentiel de la grille. Cette condition peut être remplie si les électrons, ayant acquis la plus grande vitesse au voisinage du filament à l'instant où le potentiel de la grille est le plus élevé, atteignent celle-ci environ une demi-période plus tard, c'est-à-dire si le temps de parcours est voisin d'une demi-période de l'oscillation du circuit.

Ce sont les oscillations de fréquence telle, que l'instant du maximum d'intensité du courant écoulé par la grille coïncide avec celui de son minimum de potentiel, qui correspondent à la plus grande puissance fournie au circuit oscillant.

Celles pour lesquelles un temps égal ou supérieur au quart de période sépare ces deux instants ne peuvent être entretenues. Ce temps est fonction de l'amplitude des oscillations, car la plus grande vitesse avec laquelle les électrons sont lancés au voisinage du filament dépend de cette amplitude. Si, pour les très petites oscillations qui provoquent l'amorçage, la puissance fournie au circuit oscillant est supérieure à celle qui y est dépensée, ces petites oscillations augmentent d'amplitude ; mais cette augmentation ne se poursuit pas indéfiniment et, après une période d'établissement, l'amplitude se fixe, car, la puissance fournie étant fonction de l'amplitude, elle augmente moins vite que celle qui est dépensée et lui devient égale. Il s'établit alors un régime régulier d'entretien, pour lequel les phénomènes périodiques qui ont leur siège dans la lampe sont ordonnés par les oscillations du circuit. Ces phénomènes ne pourraient se produire en l'absence de celui-ci ; on ne peut, par suite, considérer la lampe comme étant par elle-même un oscillateur auquel serait couplé le circuit oscillant.

Des oscillations s'entretiennent avec la plus grande puissance pour des positions du pont p telles, que la durée du trajet électronique du filament à la grille possède la valeur la plus convenable.

Lorsqu'on déplace le pont, les oscillations diminuent d'amplitude et leur longueur d'onde change. On peut s'en assurer en mesurant cette longueur sur une ligne de Lecher faiblement couplée à l'oscillateur. Pour de trop grands déplacements du pont, les oscillations disparaissent complètement, car la condition nécessaire à la fourniture d'une puissance suffisante au circuit oscillant n'est plus satisfaite.

L'expérience confirme ces résultats. On trouve des oscillations qui présentent les caractères que nous venons de décrire lorsque, a lampe restant soudée sur la canalisation de vide d'une pompe à vapeur de mercure, on maintient dans l'ampoule une pression aussi faible que possible. On y arrive en condensant la vapeur de mercure dans un piège à air liquide et en purgeant d'abord les électrodes des gaz absorbés ou occlus par un chauffage au rouge blanc de ces électrodes.

Les explications que nous venons de fournir permettent de concevoir un mode de fonctionnement de l'oscillateur. L'étude du détail de ce fonctionnement serait extrêmement compliquée ou même impossible. En effet, dans une lampe à grille qui oscille, la trajectoire de tous les électrons n'est pas la même : elle dépend de l'instant de la période où cet électron quitte le filament ; les électrons ne suivent pas le trajet des lignes de force et, à cause de leur inertie, la plupart des électrons peuvent traverser les mailles de la grille et pénétrer dans l'espace compris entre la grille et la plaque. Ils sont alors sollicités, dans le champ électrique, par une force qui les ralentit, les arrête et les ramène ensuite à la grille. C'est la durée de tout ce trajet complexe qui intervient dans la condition d'entretien d'oscillations ; nous pouvons ainsi concevoir quel est le rôle de la plaque. Les variations du potentiel de la plaque, lors des oscillations du circuit apa', interviennent comme celles de la grille pour déterminer le fonctionnement de l'oscillateur. D'autre part, le temps total du trajet électronique dépend du champ entre la plaque et la grille ; on peut donc régler ce temps à la valeur convenable et rendre possible l'entretien d'oscillations en choisissant convenablement la force électromotrice de la batterie P'' intercalée sur le circuit de la plaque. Cette batterie constitue un organe de

réglage indispensable pour satisfaire au mieux aux conditions complexes dont dépend le fonctionnement de l'oscillateur.

V. Influence des gaz résiduels. — Pour rechercher si les gaz résiduels dans l'ampoule interviennent dans ce fonctionnement, il suffit, après avoir bien vidé la lampe, d'y introduire de l'hydrogène par un osmorégulateur. On trouve que l'oscillateur continue à fonctionner dans des conditions peu différentes ; mais lorsque la pression atteint une valeur correspondante à la pression d'une colonne de mercure d'un millième de millimètre environ, on peut aussi, en augmentant seulement le potentiel de la plaque, obtenir un régime d'oscillation tout différent.

Les ondes obtenues sont plus courtes. On trouve bien encore des positions du pont p pour lesquelles l'amplitude des oscillations est maximum ; mais les oscillations ne disparaissent plus lorsqu'on écarte suffisamment le pont d'une position favorable et leur fréquence ne dépend plus de la position du pont. On les trouve, avec des amplitudes différentes il est vrai, pour toute position du pont, et leur longueur d'onde reste indépendante de cette position.

Ce second régime d'oscillation, que l'on ne peut obtenir dans une ampoule très vidée, diffère encore du premier par le caractère suivant. Si l'on place un milliampèremètre à courant continu dans le circuit de la plaque, on constate que, tandis que, lors du premier régime, le courant moyen qui le traverse lorsque les oscillations s'amorcent a le sens qui correspond à des charges négatives reçues par la plaque, le courant moyen, lors du second régime, a le sens inverse.

Ces expériences ont été faites en collaboration avec M. Beauvais sur une lampe à électrodes cylindriques dont le diamètre de la plaque était de de 15 millimètres et celui de la grille de 5 millimètres. La longueur de la plaque et de la grille était de 15 millimètres et cette dernière avait 14 spires. Elles montrent qu'une lampe peu vidée, montée sur un oscillateur de Barkhausen, peut entretenir des oscillations de longueurs d'onde inférieures au mètre, par des modes de fonctionnement qui font intervenir des oscillations propres du gaz, ionisé par la décharge électronique.

Dans le second régime d'oscillation qui vient d'être décrit, la longueur d'onde ne dépend plus de celle sur laquelle est accordée le circuit oscillant. Au contraire de ce qui se passe pour le premier régime, une oscillation paraît se produire dans la lampe, indépendamment du circuit oscillant. Celui-ci se comporte comme un circuit couplé à un oscillateur qui serait constitué par le gaz ionisé, dont l'émission thermoionique du filament entretient l'ionisation.

VI. Différentes formes de l'oscillateur de Barkhausen. — Nous avons décrit l'oscillateur de Barkhausen sous sa forme la plus simple. Afin d'éviter l'emploi des bobines s et s' qui arrêtent imparfaitement les oscillations, on peut, comme on le fait lorsqu'il s'agit d'ondes plus longues, utiliser des oscillateurs symétriques à deux lampes, dont la figure 3 représente un

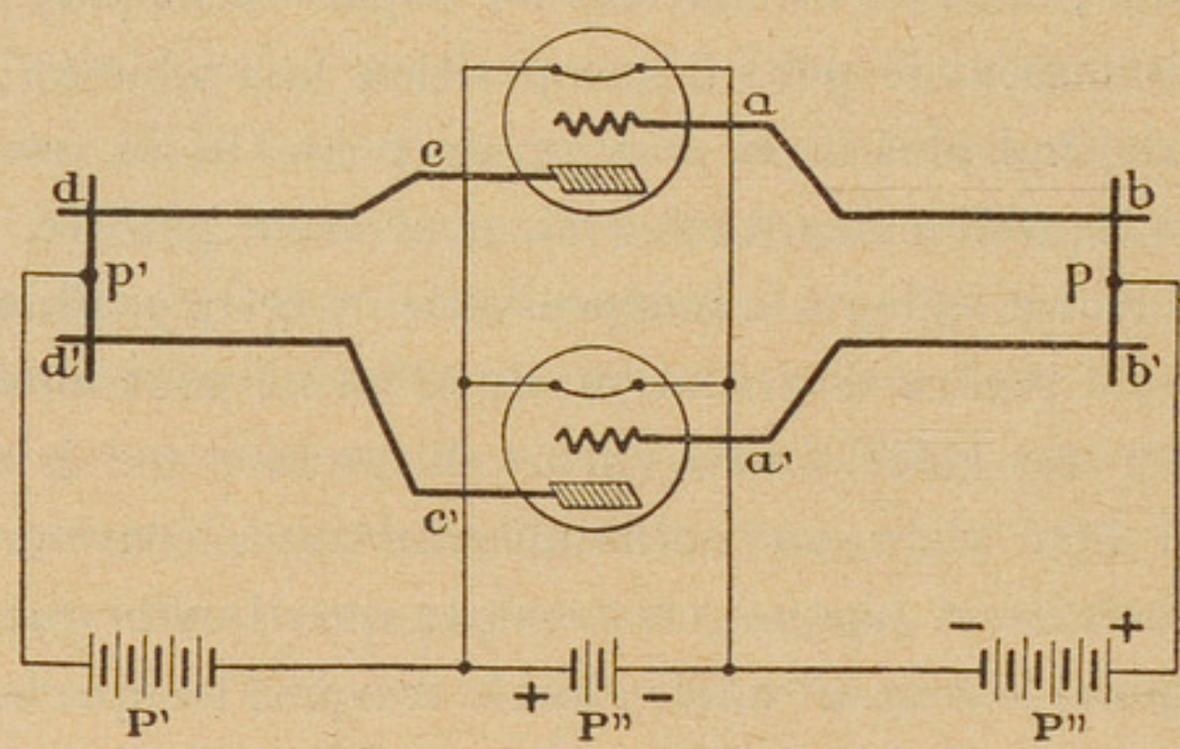


Fig. 3. — Schéma de montage
de l'oscillateur de Barkhausen à deux lampes.

schéma. On obtient des oscillations d'amplitude maximum lorsqu'on règle à la fois les positions des deux ponts p et p' sur les deux lignes ab a'b' et cd c'd'. On conçoit, d'après les explications que nous avons données, qu'il est nécessaire que les deux lampes soient exactement identiques et que les pressions du gaz résiduel dans les deux ampoules soient les mêmes. Ces conditions sont peu faciles à satisfaire, et l'on constate souvent que l'une des deux lampes contribue seule à l'entretien des oscillations ; l'autre, par la capacité de ses électrodes, sert seulement à

transmettre les oscillations, et on peut l'éteindre sans les faire disparaître.

Il est, pour cette raison, souvent avantageux d'utiliser une disposition indiquée par M. Pierret, qui permet l'emploi d'une seule lampe, tout en évitant la propagation d'ondes le long des fils qui relient les batteries à l'oscillateur.

A la grille et à la plaque de la lampe (fig. 4), on fixe deux tiges

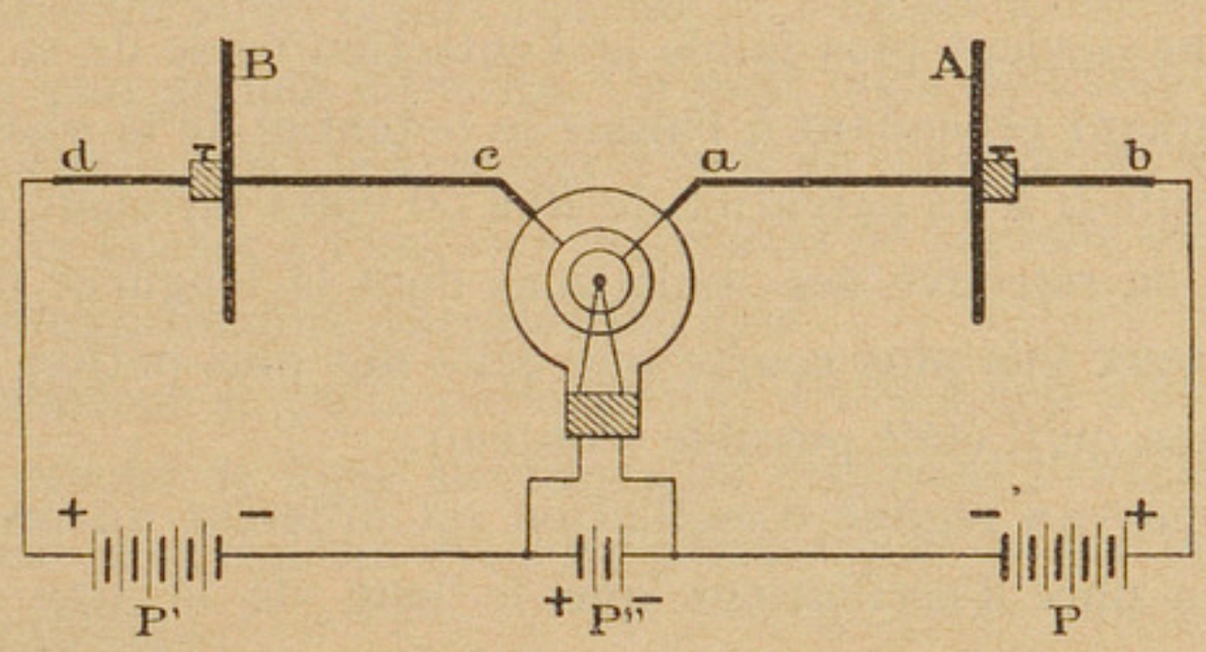


Fig. 4. — Schéma de l'oscillateur de Pierret.

de cuivre ab et cd sur lesquelles on peut déplacer deux disques métalliques A et B, d'assez grand diamètre pour que des ondes se propageant le long des tiges soient réfléchies par ces disques. On attache les fils qui réunissent la grille, la plaque et les batteries P et P' aux extrémités b et d des tiges. Pour accorder l'oscillateur, on déplace les disques sur les tiges. Ce sont les oscillations de l'ensemble des deux tiges couplées par la capacité des électrodes qui sont entretenues par la lampe.

On obtient des oscillations de Barkhausen dont la longueur d'onde dépend du potentiel de la grille et peut descendre jusqu'à 35 centimètres environ, lorsqu'on utilise des lampes « Métal » du modèle TMC. Le potentiel de la plaque doit être maintenu à quelques volts au dessous de celui du filament.

VII. Oscillateur de Pierret. — En cherchant à réduire la longueur des ondes émises par ce dernier oscillateur, en vue d'études sur la constante diélectrique des isolants, Pierret a réalisé avec la même lampe un oscillateur qui fonctionne en entretenant des

ondes beaucoup plus courtes, de longueurs comprises entre 19 et 12 centimètres.

En diminuant le potentiel de la plaque, on continue d'abord à lui faire fournir des oscillations de Barkhausen et l'on constate qu'un accord exact des deux disques est nécessaire. En approchant un résonateur accordé des tiges ab ou cd, on trouve des ondes stationnaires le long de chacune de ces tiges. La longueur d'onde décroît lorsqu'on diminue le potentiel de la plaque ; mais l'amplitude des oscillations devient plus faible et l'entretien cesse de se produire. En continuant cependant à baisser le potentiel de la plaque, et en portant celle-ci à un potentiel de 40 à 50 volts inférieur à celui du filament, on retrouve des oscillations dont la longueur d'onde est environ deux fois plus courte que celle des plus petites ondes de Barkhausen qu'il était possible d'obtenir.

Ce nouveau régime d'oscillation est différent du premier. On ne trouve plus d'oscillations que le long de la tige ab reliée à la grille ; sur celle qui est réunie à la plaque, elles disparaissent presque complètement ; le potentiel de la plaque reste donc invariable. D'autre part, tandis que, pour faire fonctionner l'oscillation de Barkhausen au maximum d'amplitude, il faut accorder exactement la tige cd reliée à la plaque, en choisissant avec soin la position du disque B ; il faut maintenant mettre, au contraire, celui-ci dans une position pour laquelle la tige cd est désaccordée et ne peut plus osciller. Dans ces conditions, celle-ci devient inutile ; on peut la supprimer et relier soit directement, soit plutôt par une petite inductance, la plaque au filament.

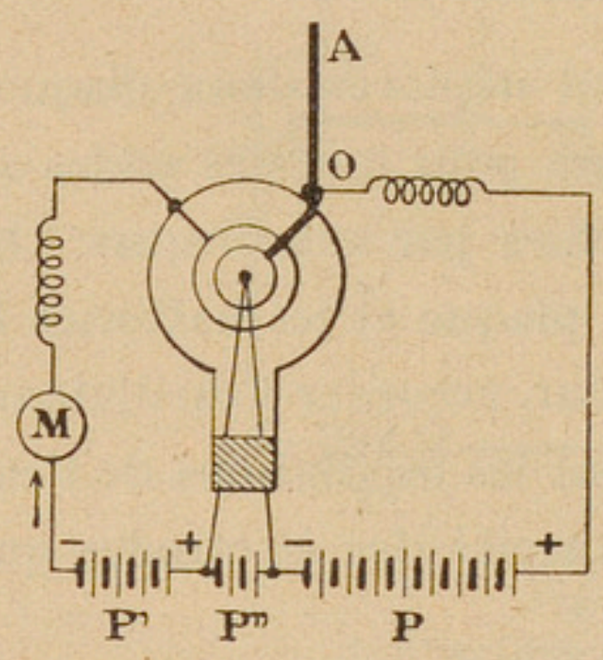


Fig. 5. — Oscillateur de Pierret destiné a l'émission d'ondes dirigées par un miroir.

On arrive alors à la construction très simple que représente la figure 5. Une petite antenne A est reliée à la grille de la lampe. Au point O, qui correspond à un ventre de courant, on la réunit au pôle positif de la batterie P, de force électromotrice égale à environ

250 volts pour une lampe « Métal » TMC ; la batterie P' porte la plaque à un potentiel inférieur d'environ 40 volts à celui du filament. Lorsque la lampe émet des oscillations, un milliampèremètre à courant continu intercalé dans le circuit de plaque indique une intensité de courant de 1 à 2 milliampères en sens inverse de la force électromotrice de la batterie P'. On règle la longueur de l'antenne et la position du point O sur l'antenne de manière à obtenir pour ce courant la plus grande intensité. On peut juger de l'amplitude des oscillations et mesurer la longueur d'onde en couplant à l'oscillateur une ligne de Lecher à l'une des extrémités de laquelle ses fils sont réunis par une soudure thermoélectrique.

L'oscillateur se prête parfaitement à l'émission d'un faisceau dirigé de rayons de force électrique en disposant l'antenne sur la ligne focale d'un miroir cylindro-parabolique ou au foyer d'un miroir parabolique.

VIII. Emploi du magnétron pour l'obtention d'ondes courtes. — Le magnétron a été employé avec succès au Japon, par Okabe et Yagi, pour l'obtention d'ondes ultracourtes ; on se sert d'une diode à plaque cylindrique, qui est placée dans une bobine magnétisante B dont l'axe coïncide avec celui de la plaque. Le champ magnétique dévie les électrons et, lorsque la déviation devient assez grande, ces électrons n'atteignent plus la plaque.

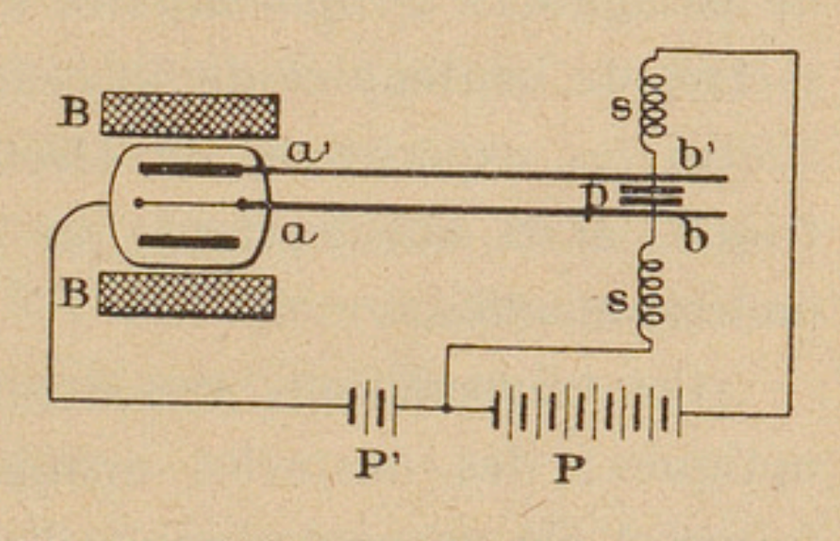


Fig. 6. — Schéma du montage du magnétron pour l'obtention d'oscillations de fréquences élevées.

Le filament et la plaque sont reliés aux deux fils d'une ligne ab a'b' sur laquelle on déplace un pont p (fig. 6) et qui constitue le circuit oscillant. La plaque cylindrique est portée, par une batterie d'accumulateurs P, à un potentiel supérieur à celui du filament. Le filament est chauffé par une batterie P' ; des inductances s arrêtent les courants à très haute fréquence.

On obtient des longueurs d'onde très courtes, de l'ordre de

10 centimètres en utilisant des champs magnétiques intenses. L'obtention d'oscillations s'explique de la manière suivante. Lorsque le circuit oscille, le champ électrique entre le filament et la plaque varie périodiquement ; la vitesse des électrons est, de ce fait, rendue périodique. La courbure de leurs trajectoires dans le champ étant fonction de cette vitesse, l'intensité du courant débité par la plaque varie à la fréquence du circuit oscillant, et ces variations dans les fils ab et a'b' provoquent une force électromotrice d'induction qui entretient les oscillations.

IX. Radiocommunications par ondes très courtes. — Les oscillateurs à ondes très courtes peuvent servir à établir des liaisons radiotélégraphiques ou radiotéléphoniques. En disposant le conducteur siège d'oscillations entretenues au foyer d'un miroir parabolique ou sur la ligne focale d'un miroir cylindroparabolique, on obtient un faisceau dirigé que l'on reçoit au foyer d'un second miroir. En utilisant des ondes dont la longueur est comprise entre 15 et 20 centimètres, les miroirs n'ont pas de dimensions exagérées. En 1928, Pierret, utilisant l'oscillateur de la figure 5 et des miroirs cylindroparaboliques de 15 centimètres de hauteur et de 40 centimètres de largeur, a pu répéter toutes les expériences de Hertz sur les rayons de force électrique, avec une netteté qui ne peut être atteinte avec les ondes amorties.

Ces transmissions présentent les caractères des transmissions optiques ; des obstacles opaques sur le trajet suppriment le faisceau. On ne peut donc utiliser les ondes très courtes qu'entre deux stations qui, par temps clair, peuvent se voir. Les signaux ne franchissent pas les limites de l'horizon. Mais ces liaisons ont l'avantage sur les liaisons optiques de n'être gênées ni par le brouillard ni par la pluie et de se prêter sans aucune difficulté à la téléphonie.

La réception est exempte de parasites atmosphériques ou industriels, car les circuits de réception sont si courts qu'ils ne sont sensibles qu'à des fréquences extrêmement élevées. L'emploi d'ondes de quelques décimètres présente sur les ondes de 2 ou 3 mètres un

avantage important. Un faisceau émis sur des ondes de quelques mètres ne pourrait être rendu parallèle qu'avec de très grands miroirs ; si, d'autre part, l'émetteur et le récepteur ne sont pas installés en des stations de haute altitude, le faisceau touche le sol. On constate qu'alors la portée est extrêmement réduite ; les courants induits à la surface du sol modifient le champ et dévient le faisceau vers la terre. On est alors contraint, pour des portées un peu grandes, d'établir les stations dans la montagne, ce qui limite beaucoup le champs des applications.

Si les ondes deviennent de l'ordre du décimètre, les faisceaux sont beaucoup mieux délimités, et l'expérience montre que les postes peuvent être établis à une hauteur qui n'excède pas $1^{m},50$ à 2 mètres sans que la portée soit beaucoup réduite.

Des exemples d'essais sur ces ondes très courtes, que nous allons brièvement rappeler, donneront une idée des portées que l'on peut obtenir. En mars 1930, Beauvais a établi une liaison télégraphique sur ondes de 17 centimètres de longueur entre la tour Eiffel et Saint-Germain-en-Laye (12^{km}), entre la tour Eiffel et Dammartin-en-Goële (35^{km}), avec des miroirs de $1^{m},20$ de diamètre. En août de la même année, Pierret a établi une liaison téléphonique à 7 kilomètres de distance avec des miroirs cylindroparaboliques de 50 centimètres seulement de largeur et de 18 centimètres de hauteur.

C'est en se servant des mêmes oscillateurs, que la société Le Matériel téléphonique a réalisé en 1931 des communications téléphoniques bilatérales très parfaites entre le cap Gris-Nez et Douvres. Les miroirs avaient $3^{m},20$ de diamètre.

A l'étranger, de très nombreuses expériences ont été faites avec les ondes plus longues des oscillateurs de Barkhausen ou avec les ondes très courtes du magnétron. Elles ont prouvé aussi que les conditions d'exploitation et de portée étaient les mêmes que celles de la télégraphie optique, mais ne nécessitaient pas une atmosphère claire.

La puissance à mettre en jeu est très petite ; la puissance rayonnée ne dépasse pas une fraction de watt. La puissance à fournir à la lampe, celle pour le chauffage du filament non compris, est de l'ordre de 10 à 15 watts. Il serait très intéressant d'améliorer le

rendement, pour utiliser des puissances encore plus faibles ou émettre une puissance plus grande.

Nous terminerons en décrivant un modèle de récepteur employé par Pierret, qui donne de très bons résultats pour des ondes de 10 à 20 centimètres de longueur, et en indiquant le procédé très simple qui permet la modulation téléphonique à l'émission.

La lampe réceptrice est montée comme la lampe d'émission (fig. 5). Sur les fils de retour de la plaque et de la grille, on dispose d'une part un circuit oscillant, accordé sur 20 à 80 mètres de longueur d'onde, et une bobine que l'on couple à ce circuit de façon à obtenir des oscillations sur cette longueur d'onde. On place le téléphone ou l'enroulement d'entrée d'un amplificateur à basse fréquence sur l'un des circuits. Le récepteur est alors un appareil à superréaction ; son réglage pour des ondes aussi courtes est beaucoup plus facile que le réglage des appareils analogues à ondes longues.

Pour l'émission télégraphique, on module l'amplitude des oscillations à fréquence musicale en utilisant, sur le circuit de grille, au lieu d'une batterie d'accumulateurs, un alternateur, ou encore en intercalant sur ce circuit un petit oscillateur à fréquence musicale.

Pour l'émission téléphonique, il suffit, à l'émission, d'intercaler sur le circuit de plaque le secondaire d'un transformateur dont le primaire est sur le circuit microphonique. La modulation est particulièrement facile et ne nécessite aucune amplification en basse fréquence.

INFORMATIONS.

Nouveaux timbres-poste. — L'office des Postes et Télégraphes du Maroc vient de renouveler les modèles de ses timbres-poste. La nouvelle émission se caractérise par le retour à l'emploi de la gravure en taille douce ; elle constitue une série artistique du plus bel effet, comprenant les dix types suivants :

1° *Timbres-poste :* Tanger (entrée du Dar el Maghzen) ; Agadir (vue générale) ; Casablanca (Hôtel des Postes) ; Moulay Idriss (vue générale) ; Rabat (les Oudaïas) ; Fez (Médersa el Attarine) ; Ouarzazat (Kasbahs) ; Marrakech (tombeaux saadiens) ;

2° *Timbres-avion :* Rabat-Salé (vue générale) ; Casablanca (vue générale du port).

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

732.221. Perfectionnements aux systèmes de téléindication et de télémécanique (Ateliers J. Carpentier, France).

734.475. Appareil télégraphique imprimeur (L. I. Treml, Russie).

735.188. Procédé et appareil pour l'enregistrement et la reproduction de signaux électriques au moyen d'un élément magnétique (Electrical research products, Etats-Unis).

735.239. Disposition de couplage pour le comptage et l'évaluation de communications dans les installations télégraphiques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

735.263. Câble sous-marin armé et pupinisé (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

Téléphonie.

734.223. Dispositif pour commander la succession des opérations au moyen d'impulsions de courant alternatif dans les installations téléphoniques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

734.493. Perfectionnements aux systèmes de suspension et de liaison et aux ferrures pour isolateurs supports et de traction (La porcelainerie de Lesquin, France).

734.533. Disposition pour la division suivant les conditions de service, de câbles téléphoniques à fonctionnement au moyen de lignes réelles et de lignes fantômes dans les centraux téléphoniques (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

734.534. Dispositif pour desservir des centraux téléphoniques amplificateurs intermédiaires (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

734.592. Perfectionnements aux boitiers pour téléphones d'abonnés (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

734.604. Dispositif échangeable de disques sur un arbre commun avec assujettissement de leur position, en particulier en combinaison avec des dispositifs pour la sélection automatique de plusieurs communications téléphoniques à volonté (G. Steidinger, Allemagne).

734.605. Dispositif pour la sélection automatique d'un nombre quelconque de communications téléphoniques (G. Steidinger, Allemagne).

734.606. Régulateur centrifuge à tambour de frein en particulier en connexion avec l'impulseur de courant d'un dispositif sélecteur téléphonique (G. Steidinger, Allemagne).

734.607. Dispositif pour la sélection automatique d'un nombre quelconque de communications téléphoniques (G. Steidinger, Allemagne).

734.661. Montage à amplification et à contre-distorsion pour câbles de télécommunication (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

735.111. Dispositif de contrôle pour appareils téléphoniques (W. Epprecht, H. Broder et W. Rusterholz, Suisse).

735.136. Disposition de circuits pour la commande des postes téléphoniques à encaissement de pièces de monnaie (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

735.581. Perfectionnements apportés aux procédés d'appel et de commutation en téléphonie (P.-J.-R. Jutier, France).

735.616. Dispositif de support de microtéléphone (Le téléphone privé national, France).

735.732. Perfectionnements aux dispositifs amortisseurs de son pour téléphones (P. Linck, France).

735.878. Dispositif de commutation pour installations téléphoniques automatiques et semi-automatiques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

735.892. Dispositif encaisseur pour postes téléphoniques à prépayement (W. Aeschlimann, Suisse).

735.902. Appareil pour assurer le secret des communications téléphoniques (A. Belloy, France).

736.207. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

736.240. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

40.913. Appareil permettant d'établir rapidement, en téléphonie automatique, toutes communications (A. Boyé, France) (1er addition au brevet n° 722.574).

41.065. Disposition de couplage pour téléphones à prépayement avec perception des taxes suivant le temps et la zone dans les installations téléphoniques (Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch et Cie, G.m.b.H., Allemagne) (1re addition au brevet n° 722.090).

Transmission des images.

734.378. Appareil analyseur pour la transmission et la réception des images dans la télévision, téléphotographie ou télécinématographie (P. Arnould, France).

734.536. Montage de disque explorateur pour la télévision (Fernseh A. G. Allemagne).

734.897. Transmissions de télévision au moyen de lignes à haute tension (Fernseh A. G., Allemagne).

735.144. Mode de montage pour le fonctionnement d'un tube luminescent à colonne positive pour la télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

735.197. Procédé de décomposition et de composition d'images, en particulier pour la télévision (I.M.K. Syndikate, Angleterre).

735.818. Récepteur de projection à disque à trous en spirale (Fernseh A. G., Allemagne).

735.868. Procédé et appareil de réception d'images de télévision (American television laboratories, Etats-Unis).

736.029. Procédé de télévision (M. von Ardenne, Allemagne).

736.389. Perfectionnements aux dispositifs d'émission de télécinématographie (invention R. Barthelemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France).

Radiocommunications.

734.421. Perfectionnements aux systèmes amplificateurs (Radio corporation of America, Etats-Unis).

734.445. Procédé pour éliminer les courants perturbateurs dans les systèmes électriques de transmission d'ondes, et appareils pour la mise en œuvre du procédé (Le Matériel téléphonique, France).

734.686. Perfectionnement aux commandes des dispositifs de repérage des postes récepteurs de télégraphie sans fil, ou similaires (R. Halftermeyer, France).

735.004. Système oscillant syntonisable composé de circuits couplés capacitivement (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

735.005. Montage équilibré destiné à amplifier des oscillations électriques (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

735.135. Amplificateur à courant alternatif avec lampes amplificatrices à faible capacité et à tension exclusivement négative (Zeiss Ikon Aktiengesellschaft, Allemagne).

735.166. Perfectionnements aux dispositifs pour la réception d'ondes ultra-courtes (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

735.301. Dispositif sélecteur pour appareils de T.S.F. (Deutsche-Philips Gesellschaft m.b.H., Allemagne).

735.321. Dispositif de protection pour lampes de réception de radiophonie alimentées en courant alternatif redressé (R. Chartrel et G. Maillet, France).

735.607. Appareil émetteur portatif de faible puissance con-

trôlé par un cristal de quartz (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe et M. H. Eberhard, Allemagne).

735.691. Perfectionnement aux récepteurs rigides (J.-J.-M. de Regnauld de Bellescize, France).

735.744. Nouveaux procédés pour éliminer simultanément les effets des parasites et du fading dans la radiotélégraphie (H. Bertin, France).

735.774. Perfectionnements aux systèmes d'émission et de réception d'ondes électromagnétiques (A.-R.-Ch. Boulay, France).

735.936. Montage récepteur pour la réception des sons (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

735.970. Montage à tube commandé par voie piézoélectrique et pouvant s'appliquer aux postes radioélectriques (Radioaktiengesellschaft D. S. Loewe et M. W. Gutzke, Allemagne).

735.984. Procédé de modulation d'émetteurs avec une amplitude de fréquence porteuse variant en fonction de l'intensité de la modulation (L. Pungs, Allemagne).

736.034. Tube à décharges électriques destiné à la production, la réception ou l'amplification d'oscillations électriques (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

736.122. Perfectionnements aux appareils de T.S.F. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

736.123. Perfectionnements aux procédés et aux dispositifs de montage des oscillateurs et des amplificateurs électriques (Radio patents corporation et M. A. Nyman, Etats-Unis).

736.284. Dispositif d'avertissement automatique pour réception du signal radiotélégraphique de détresse (R. Dubois et L.-A.-M.-J. Laboureur, France).

736.369. Perfectionnements aux postes récepteurs de T.S.F. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

736.395. Dispositif perfectionné de radiateur ou de collecteur d'ondes électromagnétiques pour postes, respectivement émetteurs ou récepteurs, de télégraphie et de téléphonie sans fil (A.-P. Mahoux, France).

736.396. Perfectionnements aux installations de télécommunications par ondes guidées (La Haute fréquence, France).

41.043. Perfectionnements aux systèmes de commande pour appareils récepteurs de T.S.F. et analogues (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (1re addition au brevet n° 726.723).

41.061. Système de transmission avec conjonction ou disjonction automatique d'un amortissement additionnel (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne) (1re addition au brevet n° 680.772).

Divers.

734.495. Dispositif pour la reproduction à distance des positions angulaires (Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Suède).

734.496. Dispositif pour introduire des corrections dans la reproduction à distance de positions angulaires (Allmänna Svensk Aktiebolaget, Suède).

41.030. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique. (Associated telephone and telegraph company, Etats-Unis) (5e addition au brevet n° 699.589).

41.036. Perfectionnements aux arrangements pour le contrôle de la température, tels que les thermostats servant à contrôler la température des appareils piezo-électriques (Le Matériel téléphonique, France) (1re addition au brevet n° 700.041).

BIBLIOGRAPHIE

Cours de télégraphie multiplex par courants porteurs dite télégraphie harmonique, par M. Fayolle, commis principal des Postes et Télégraphes, chargé des cours de télégraphie harmonique. Paris, Eyrolles, 1932. 1 vol. in-8° de 155 pages.

Ce cours s'adresse aux dirigeurs de baudot appelés à la surveillance des panneaux de télégraphie harmonique. Il comporte d'abord un énoncé très simple et très clair des lois générales du courant alternatif et des propriétés des lampes triodes, puis un exposé des principes généraux sur lesquels repose la télégraphie harmonique, enfin une description complète des divers types d'installations qui ont été et sont en service en France. L'auteur qui, dès l'origine, a participé à l'exploitation de ces systèmes de télégraphie, a su dégager quelles sont les notions les plus essentielles que doit posséder un praticien : son expérience personnelle lui permet de donner bien des conseils et renseignements utiles. La lecture de son cours se recommande à quiconque désire connaître avec quelque détail les installations en service. L.-J. C.

Exposé électronique des lois de l'électricité, par Marcel Boll. Paris, Hermann, 1932. 1 vol. in-8° de 72 pages.

L'auteur donne un exposé succint et systématique des lois de l'électricité telles qu'elles sont conçues par les physiciens d'aujourd'hui. Après avoir précisé, dans une introduction, la portée considérable des interprétations électroniques, M. Marcel Boll définit, dans un premier chapitre, l'électron et étudie les actions qu'il subit ou qu'il exerce. Le deuxième chapitre expose les lois du courant électrique dans les métaux. Le chapitre suivant constitue un résumé de l'électromécanique considérée comme une application de la loi de Lorentz. Enfin, dans la dernière partie de l'ouvrage, l'auteur apporte,

en particulier, des précisions nouvelles sur le fonctionnement des transformateurs et fait ressortir l'analogie qu'il présente avec la réception radioélectrique sur cadre. Ce petit livre, d'une lecture facile, accompagné de figures très claires et de nombreuses notes explicatives, rendra de grands services à tous ceux qui désirent se tenir au courant des théories modernes de la physique. V.-L. D.

Les étoiles dans leurs courses, par Sir James Jeans. Paris, Hermann et Cie, 1932. 1 vol. in-16 de 205 pages, avec 50 planches. — Prix : 35 francs.

Ce livre est le développement de conférences sur l'astronomie faites par T.S.F.. Dans un langage très clair et non-technique, l'auteur expose les théories modernes de l'astronomie et les récentes découvertes obtenues par les puissants télescopes d'aujourd'hui. Excellent livre de vulgarisation, illustré de magnifiques photographies. A. L.

Le gerant :

Henri Dévé.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 3-2-33.

Compte-rendu des

TRAVAUX ET RECHERCHES DU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIOÉLECTRICITÉ

au cours de l'année 1932,

présenté au Conseil supérieur du Laboratoire
par C. GUTTON, directeur.

I. Essais et étalonnages effectués sur demande des services de l'Etat et de l'industrie.

Au cours de l'année 1932, le Laboratoire a continué, comme par le passé, à faire les essais et étalonnements demandés par les services de l'Etat et par l'industrie privée. Ces essais, qui donnent lieu à la délivrance de certificats, ont été beaucoup plus nombreux que l'année précédente : en 1931, il a été délivré 180 certificats ; en 1932, le Laboratoire en a fourni 265, un seul certificat comprenant souvent les résultats relatifs à toute une série d'appareils identiques.

Les essais ont porté sur 124 fréquencemètres, dont un grand nombre de précision égale ou supérieure à 1/1.000, et sur 130 lampes d'émission ou de réception. On a examiné également des appareils récepteurs, dont on détermine la sensibilité et la sélectivité, des amplificateurs, des générateurs d'oscillations de haute fréquence ou de fréquence musicale, des condensateurs, des bobines d'inductance, des oscillateurs ou résonateurs à quartz piézoélectrique, des substances isolantes, dont on détermine la constante diélectrique et l'angle de perte, des filtres ou des lignes artificielles pour haute fréquence. Quatorze générateurs étalonnés, du système David, ont été construits à l'extérieur et étalonnés au Laboratoire pour être livrés à divers services ou stations radioélectriques. Sur la demande de l'Etat ou de stations radioélectriques

privées, on a effectué des mesures sur des signaux émis par ces postes et déterminé leur fréquence avec une très grande précision. Des mesures de ce genre ont, en particulier, été demandées cette année par la Société des nations en vue de fixer la longueur d'onde exacte de ses postes et la stabilité de leur fréquence. Cette stabilité, sur une période de 4 jours, a été trouvée égale à $\pm$ 3 /1.000.000, résultat en bonne concordance avec celui qui a été obtenu par d'autres laboratoires européens.

D'autre part, des récepteurs provenant de divers constructeurs ont été essayés. Trois radiogoniomètres ont été étudiés pour le service des Phares et Balises ; des essais complets de concours ont été effectués sur trois radiogoniomètres de bord et six récepteurs à ondes longues pour le service de l'Air.

Cette année, il a été fait, sur la demande de divers services de l'Etat ou de sociétés privées, des mesures de rayonnement d'autennes. Ces mesures ont été faites par M. David, qui s'est servi du générateur d'ondes étalonnées qu'il a étudié et construit au Laboratoire. Parmi ces essais, nous citerons des déterminations sur le rayonnement du Poste parisien, qui ont été effectuées autour de la station jusqu'à 250 kilomètres, ainsi que des recherches et mesures des harmoniques de postes émetteurs. Pour la Marine, on a fait la mesure du rayonnement des antennes de divers bâtiments de guerre ou de commerce. Pour le service des phares et balises, on a étudié le rayonnement des postes des bateaux feux, Dunkerque et Sandettie.

Enfin les mesures de champ, de jour et de nuit, des principales stations européennes ont été faites au Laboratoire, sur la demande de la délégation française à la conférence de Madrid.

II. Travaux en vue d'améliorer les appareils et méthodes de mesure du laboratoire.

Mesures d'inductances. — Il avait été prévu, pour l'année 1932, la construction d'un étalon d'inductance calculé d'après les dimensions géométriques de l'enroulement. M. Abadie, ingénieur, s'est procuré un bloc de marbre blanc de Carrare destiné

à servir de support à l'enroulement. Un échantillon prélevé sur ce bloc a été examiné aux laboratoires de la Sorbonne ; la balance de Curie n'a décelé aucun magnétisme susceptible de faire rejeter l'usage de ce marbre. D'accord avec M. Jouaust, sous-directeur du Laboratoire central d'électricité, l'usinage du bloc et la confection de l'enroulement ont été différés, afin de profiter des enseignements que pourrait fournir la réalisation d'une inductance analogue construite par le Laboratoire central d'électricité et dont l'achèvement est très prochain.

Mesures de capacités. — M. Abadie a fait construire quatre condensateurs fixes, de capacités voisines du millième de microfarad, destinées à servir d'étalons. Les armatures sont assez épaisses pour assurer l'invariabilité de la capacité. Elles sont isolées par des rondelles de silice fondue transparente. L'ensemble est enfermé dans un écran qui peut être relié à l'une ou l'autre des armatures.

Ces capacités ont été mesurées au pont de Carey-Foster. En attendant l'achèvement de l'étalon d'inductance dont il est question plus haut, on a utilisé pour la mesure une inductance variable qui sert actuellement d'étalon. Ces mesures ont montré que les capacités construites pouvaient être connues à 1 /10.000 près.

Des mesures sont en cours pour déterminer ces capacités, non plus à partir d'une inductance et d'une résistance, mais à partir d'une fréquence et d'une résistance.

M. Abadie a réalisé un pont soigneusement protégé par un écran destiné à la mesure de la très faible capacité des lampes. La capacité de comparaison est de l'ordre du micromicrofarad, étalonnée par un pont analogue à partir d'une capacité plus grande. Cet appareil permet des mesures de capacité même sur des lampes à grille-écran. On cherche à augmenter encore la sensibilité du dispositif.

Pertes dans les diélectriques. — La méthode habituelle d'adjonction de résistance pour la mesure de la résistance d'un circuit oscillant conduit à des opérations longues. Après essais d'autres

procédés, M. Abadie a réalisé un appareil de mesure dont le principe dérive de celui des fréquencemètres d'Armagnat et dans lequel l'une des conditions d'obtention du zéro fait intervenir la résistance du circuit oscillant. En prenant les précautions nécessaires pour obtenir une stabilité suffisante de la fréquence d'alimentation et en blindant les appareils, il a obtenu des résultats satisfaisants, qui lui permettront une mesure précise et rapide des pertes diélectriques aux fréquences radioélectriques moyennes ou longues. Etant donné le nombre croissant d'essais d'isolants demandés au Laboratoire, cet appareil est appelé à rendre de grands services.

Pour les fréquences très élevées, c'est-à-dire celles qui correspondent à moins de 50 mètres de longueur d'onde, on conserve la méthode de détermination de résistance d'un circuit oscillant par adjonction de résistance, mais en prenant les précautions nécessaires à l'élimination des erreurs provenant des fils de connexion.

Etalonnement des fréquencemètres. — La série des appareils servant d'étalons secondaires a été complétée. M. Decaux possède actuellement un appareil pour ondes courtes au 10.000e de la Société française radioélectrique, un appareil à ondes longues de 200 à 2000 mètres dont la construction vient d'être achevée au Laboratoire et d'une précision qui atteint également le 10.000e. Pour les mesures moins précises, on utilise une série d'ondemètres de La Précision électrique susceptibles de donner la précision du millième.

Tous ces appareils sont périodiquement comparés au fréquencemètre absolu. Ce dernier étant installé dans des locaux éloignés de ceux où se font couramment les vérifications d'ondemètres, on monte une ligne qui permet d'utiliser, pour la vérification des étalons secondaires, les harmoniques du quartz oscillateur étalon.

Mesures absolues de fréquence. — Pour les mesures absolues de fréquence, le Laboratoire est actuellement relié par deux

lignes à l'observatoire de Paris ; celles-ci transmettent les indications de la pendule.

L'installation au Laboratoire de deux horloges, l'une à quartz, l'autre à diapason, est actuellement terminée. Afin de connaître parfaitement leur marche par comparaison permanente avec la pendule de l'observatoire, M. Decaux a installé un ensemble de batteries d'accumulateurs chargées en tampon sur la tension régularisée du secteur. Cette alimentation des horloges électriques a été rendue particulièrement difficile par l'éloignement et l'exiguïté des divers locaux dont dispose le Laboratoire.

M. Decaux s'occupe de réaliser des oscillateurs piézoélectriques encore plus précis. Depuis plusieurs années, il s'était préoccupé de la construction d'un fréquencemètre portatif permettant des mesures absolues de haute précision. Les appareils sont à peu près terminés. Ils ont déjà servi, récemment, à faire diverses opérations à l'extérieur et en particulier l'étalonnement des appareils de contrôle du centre de Noiseau, étalonnement qui avait été demandé par la direction du Service de la télégraphie sans fil.

Deux comparaisons internationales de fréquence ont été exécutées cette année les 30 juin et 21 décembre ; à ces opérations, ont collaboré la plupart des laboratoires européens. Les résultats obtenus le 30 juin sont seuls parvenus maintenant ; ils indiquent une concordance entre les mesures de ces divers laboratoires qui atteint un dix-millionième.

Récepteurs et matériel d'essai des récepteurs. — Afin de faciliter les essais de fidélité des récepteurs ou les mesures d'amplification, et pour se mettre à l'abri des perturbations parasites, M. David a installé deux nouvelles cabines blindées.

Il a également réalisé un générateur d'ondes modulées de 25 à 8000 périodes destiné aux essais de fidélité globale et de distorsion non-linéaire des appareils récepteurs.

Les générateurs étalonnés destinés aux mesures de champ et à l'essai des récepteurs ont été rendus plus commodes, plus légers et plus précis.

M. David a étudié et réalisé un récepteur à ondes moyennes plus sensible et plus sélectif et un récepteur à ondes courtes à grande amplification en haute fréquence en vue d'essais radiogoniométriques.

Oscillateurs et émission de signaux. — En vue d'essais d'échos sur ondes courtes, M. Galle a construit un émetteur et réalisé un procédé permettant d'obtenir des signaux très brefs. Il a, d'autre part, installé un oscillateur à ondes longues destiné aux essais d'isolants dans des champs de haute fréquence intenses et des dispositifs thermométriques permettant de connaître l'élévation de température due aux pertes diélectriques.

M. David a continué les études d'un générateur bigrille de fréquence stable qu'il avait commencées l'an dernier.

III. Recherches effectuées au laboratoire national de radioélectricité.

Etudes sur l'enregistrement des indications d'une pendule. — M. Jouaust, avec la collaboration de M. Galle et en liaison avec le bureau de l'heure, a poursuivi des recherches relatives à l'enregistrement précis des indications d'une pendule. Une balance d'induction, disposée au voisinage du pendule, permet d'obtenir, lors du passage du pendule à l'équilibre, un courant bref qui, après amplification, actionne le style d'un chronographe. Les enroulements sont, avec la pendule, enfermés dans une chambre close et vide d'air. Les observations, encore en cours, semblent indiquer que ce mode d'enregistrement n'a aucune action décelable sur la marche de la pendule.

Etudes sur l'émission et la réception des signaux horaires. — M. Jouaust s'est, d'autre part, occupé de la précision dans l'enregistrement des signaux horaires, en vue des opérations de détermination de longitudes prévues pour l'année 1933. Il a fait partie, en septembre, de la mission française à la quatrième assemblée de l'Union astronomique internationale à Cambridge (Etats-

Unis), où il a présenté deux rapports : l'un sur l'emploi des ondes courtes pour la transmission des signaux horaires, l'autre sur l'évaluation des retards dans les enregistrements des signaux horaires, rapports dans lesquels il a exposé le résultat de ses travaux et ses idées sur ces questions. Dans le premier, il montre que, malgré les grands avantages que paraissent présenter les ondes courtes, elles peuvent exposer à des erreurs qui n'affecteraient pas les ondes longues ; dans le second, il décrit un dispositif d'évaluation du retard des appareils enregistreurs de signaux, propose d'avoir recours aussi souvent que possible à l'oscillographe et attire l'attention sur les inconvénients qui résulteraient de l'emploi de postes à alternateurs de haute fréquence.

Influence de la température sur la fréquence de vibration de diapasons en élinvar. — Au cours des travaux entrepris pour la mise au point définitive du fréquencemètre absolu du Laboratoire national de radioélectricité, M. Decaux a été amené à étudier les coefficients de température des diapasons en élinvar. Le Laboratoire disposait de plusieurs diapasons identiques, constitués par du métal provenant de la même maison. M. Decaux a constaté que le coefficient de température était très variable d'un diapason à l'autre, étant tantôt positif, tantôt négatif. Il semble que l'élasticité de l'élinvar passe par un maximum en fonction de la température. La température correspondant à un maximum varie d'un échantillon à l'autre. Cela est dû, probablement, à des différences de traitement thermique du métal avant ou pendant la construction du diapason.

Il y a intérêt à ce que la température correspondant à ce maximum se trouve voisine de celle à laquelle on emploie le diapason (40 à 50 degrés centésimaux). On cherche à déterminer quels traitements il conviendrait de faire subir aux diapasons pour arriver à ce résultat.

Recherches sur le rayonnement des stations de radiodiffusion. — Les déterminations du champ d'une antenne n'ont pas été limitées à celles qui avaient été demandées par le Service de

la radiodiffusion ou les sociétés exploitant des stations privées. M. David a, au cours de l'année 1932, déterminé le champ des stations de la région de Paris, afin d'obtenir des résultats expérimentaux destinés soit au contrôle de la valeur des courbes de rayonnement fournies par la théorie, soit afin de pouvoir renseigner exactement les stations de radiodiffusion sur la propagation en France des ondes directes de jour. Pour les distances moyennes, il s'est déplacé autour de Paris, spécialement en vue de cette étude. Pour les grandes distances, il a profité des déplacements demandés par divers services de l'Etat pour faire en route des mesures de champ. Actuellement, il ne reste à faire en France que l'exploration du bassin de la Garonne. Les études de M. David l'ont amené à tracer, sur la carte de France, les courbes d'égal champ du poste Radio-Paris, du Poste Parisien et du poste de radiodiffusion de la tour Eiffel.

Le rayonnement de ce dernier présente une intéressante particularité, due à la présence, au voisinage de l'antenne, de 'énorme pylone métallique constitué par la tour. Les courbes d'égal champ, déterminées jusqu'à plus de 200 kilomètres, s'éloignent beaucoup de la forme régulière et à peu près circulaire des autres antennes. Elles ressemblent, au contraire, aux courbes de rayonnement d'un cadre. Elles indiquent, en effet, un minimum de champ extrêmement marqué dans les deux directions normales au plan défini par l'antenne et la tour. Leur tracé se rapproche de celui des deux cercles tangents à la station et dont la ligne des centres est dans le plan vertical qui passe sur l'antenne. Cette antenne est constituée par des fils qui partent de la sortie d'antenne du poste et sont attachés à la tour entre la seconde et la troisième plate-forme, de sorte que le sommet de la tour dépasse de 100 mètres le point le plus haut de l'antenne.

M. David a effectué également des mesures de champ dans l'intérieur de Paris, afin de savoir comment les ondes des stations de radiodiffusion, Radio-Paris, Poste Parisien, poste des P.T.T., se propagent dans la ville. Il trouve un affaiblissement du champ beaucoup plus rapide que dans la campagne ; mais il suffit de s'éloigner très peu de l'agglomération pour que le champ reprenne

une valeur normale et que les courbes d'égal champ n'indiquent plus qu'une très légère ombre de la ville.

M. le commandant Bion et M. David ont fait des essais de propagation sur la Méditerranée, jusqu'à 1000 kilomètres, d'ondes de 150, de 215 et de 730 mètres. Ces essais, dont les résultats ont été publiés dans une note à l'académie des sciences, ont donné l'affaiblissement sur mer en fonction de la longueur d'onde.

Toutes les mesures de champ dont il est question ci-dessus ont été effectuées avec les appareils étudiés et réalisés au Laboratoire par M. David.

Recherches relatives aux échos des signaux par ondes courtes sur la couche ionisée de la stratosphère. — L'étude des moyens de production de signaux très brefs a été poursuivie en vue de ces recherches. Des procédés d'émission et de réception corrects ont été mis au point ; mais le Laboratoire n'a encore pu obtenir, sur des ondes courtes, de résultats définitifs. La principale raison doit être cherchée dans les conditions très défavorables où se trouve l'antenne d'émission du Laboratoire, au fond d'une cour dominée de très près par le dôme des Invalides, entièrement recouvert de plomb. Grâce à l'obligeance des services de la Télégraphie militaire, le Laboratoire dispose depuis peu d'une antenne à ondes courtes au Champ de Mars et commence à l'utiliser.

A Meudon, où les signaux sont reçus et enregistrés, les conditions sont favorables.

Réalisation d'un radiomètre pour ondes électromagnétiques. — En vue de recherches sur la réflexion totale, dont il est question plus loin, M. Beauvais s'est proposé d'étudier un appareil permettant l'exploration d'un champ électromagnétique, c'est-à-dire la détermination de l'intensité et de la direction de polarisation du champ dans le cas d'ondes très courtes ($l = 18^{cm}$) des oscillateurs Pierret. L'emploi d'une soudure thermoélectrique au milieu d'un résonateur rectiligne vibrant en demi-onde présente de graves inconvénients et conduit à des résultats incorrects, car les fils reliant la soudure au galvanomètre modifient beaucoup le champ dans la région à explorer.

M. Beauvais a cherché à utiliser un appareil fonctionnant sous l'influence de la pression de radiation qui avait été étudié et construit il y a trois ans, à la faculté des sciences de Nancy, par Mlle S. Husson. Cette pression de radiation est très petite. Pour avoir des indications assez rapides et utiliser l'appareil pour des mesures, on est conduit à le mettre dans le vide. On a alors beaucoup de peine à se débarrasser d'effets radiométriques, souvent plus intenses que ceux de la pression de radiation. M. Beauvais a pensé utiliser ces derniers en cherchant non plus à les supprimer, mais bien au contraire à les augmenter, et il a réalisé un radiomètre pour ondes hertziennes courtes qui lui a donné la sensibilité désirée. L'appareil de Mlle Husson était une bande étroite découpée dans une feuille d'aluminium battu et ayant une longueur telle, qu'elle constitue un résonateur vibrant en demi-onde. Elle sert de corde à un petit arc en fil de quartz étiré, suspendu par un fil de quartz de quelques microns de diamètre servant de fil de torsion. Parallèlement au résonateur et à une distance de celui-ci de l'ordre du millimètre, M. Beauvais a ajouté à l'équipage mobile une bande de mica mince, puis a enfermé le tout dans un tube, où la pression a été réduite jusqu'à celle pour laquelle les effets radioélectriques sont le plus intenses.

Lorsque l'appareil est sur le passage d'ondes, les courants induits le long du résonateur échauffent celui-ci et le portent à une température un peu supérieure à celle de la lame de mica. Les effets des chocs moléculaires sur cette lame et le résonateur deviennent inégaux et entraînent le système dans le sens qui va du résonateur vers le mica. La mesure de l'angle de rotation donne une grandeur proportionnelle au carré de l'intensité du champ.

Après quelques essais, M. Beauvais a réalisé un appareil suffisamment sensible, car il peut donner des déviations d'un spot lumineux d'un décimètre environ à quelques mètres d'un oscillateur Pierret disposé au foyer d'un miroir parabolique de 50 centimètres de diamètre.

Etudes expérimentale de la réflexion totale des ondes

hertziennes. — On sait depuis Newton que, lors de la réflexion totale de la lumière sur la face hypothénuse d'un prisme isocèle rectangle, il y a pénétration de la lumière au delà de la face dans une épaisseur de l'ordre de la longueur d'onde. Depuis Fresnel, les théories de la réflexion et de la réfraction de la lumière font intervenir, lors de la réflexion totale, une interprétation d'expressions imaginaires qui conduit à l'existence de cette pénétration à une profondeur qui diminue d'autant plus que l'incidence dépasse plus l'incidence limite. On trouve dans l'air, au delà de la face du prisme, des ondes dites ondes évanescentes, très semblables à celles que l'on trouve en étudiant la propagation dans les milieux absorbants. Lorsqu'il s'agit d'ondes optiques, l'épaisseur dans laquelle est localisée la propagation des ondes évanescentes est si petite, que leur étude en vue de vérifier les conclusions de la théorie ne peut être que fort incomplète. En utilisant les ondes électromagnétiques de longueur comprise entre 15 et 20 centimètres, les recherches sur la réflexion totale peuvent être poussées plus loin. Il faut employer un prisme en substance isolante dont les dimensions linéaires sont très supérieures à la longueur d'onde. Les services de la Radiotélégraphie militaire ont aimablement mis à la disposition du Laboratoire la paraffine nécessaire pour couler un prisme dont la face hypothénuse est un rectangle d'un mètre de hauteur et de $1^{m},40$ de largeur. L'indice de ce prisme pour des ondes de 18 centimètres a été mesuré, soit par la méthode de réflexion totale, soit en déterminant l'incidence brewstérienne. On a également mesuré, pour des ondes de Barkhausen de 40 centimètres, la constante diélectrique. Toutes ces mesures donnent un indice voisin de 1,47.

Pour une direction du vecteur électrique normal au plan d'incidence et en utilisant le radiomètre qui vient d'être décrit, on peut trouver une propagation, parallèle à la face qui réfléchit totalement, avec la vitesse qu'indique la théorie. Cette vitesse dépend d'ailleurs de l'incidence. M. Beauvais a mesuré la pénétration au delà de la face qui réfléchit totalement ; il a trouvé une décroissance exponentielle de l'intensité, et le facteur exponentiel est très voisin de la valeur théorique.

Lorsque le vecteur électrique est dans le plan d'incidence, les phénomènes observés sont plus compliqués ; mais on a pu cependant les observer.

Recherches sur la constante diélectrique des liquides polaires. — M. Abadie poursuit, en collaboration avec M. Girard, à l'Institut de biologie physico-chimique, des études expérimentales sur la dispersion anormale des liquides polaires dans le champ hertzien. Leur but est d'étudier la validité de la théorie de Debye sur les molécules polarisées. Les fréquences utilisées sont celles des oscillations moléculaires. Les longueurs d'onde correspondantes sont inférieures au mètre. La méthode de détermination de la constante diélectrique est la méthode employée par Drude pour les ondes amorties. MM. Girard et Abadie l'ont adaptée aux oscillations entretenues de Barkhausen. Les résultats déjà obtenus ont été exposés dans deux notes à l'académie des sciences et seront publiés dans un article plus complet, actuellement en préparation.

Expériences sur la décharge en haute fréquence. — H. Gutton, puis Gill et Donaldson ont signalé, il y a quelques années, que de très faibles variations de pression peuvent provoquer de brusques changements dans la valeur du potentiel explosif aux fréquences élevées. Ces changements se produisent à des pressions qui dépendent de la fréquence et de la distance des électrodes.

MM. Gutton et Beauvais, dans un tube dont on pouvait faire varier la longueur utile en y faisant monter du mercure, ont mesuré la différence de potentiel pour laquelle la décharge s'éteint. La pression était peu supérieure à celle de la vapeur de mercure ; la fréquence correspondait à des longueurs d'ondes comprises entre 20 et 5 mètres.

On trouve des longueurs du tube pour lesquelles la décharge s'entretient pour de très faibles différences de potentiel. Pour $11^{m},20$ de longueur d'onde et une distance d'électrodes de 42 centimètres, la décharge s'éteint lorsque la différence de potentiel

n'est que 32 volts efficaces. Pour 25 centimètres de distance d'électrodes, elle monte jusqu'à 220 volts. Ces changements sont en relation avec l'aspect de la décharge et avec sa division en faisceaux lumineux observée auparavant par Mlle Chenot.

Etudes de la réflexion, sur le sol, des ondes électromagnétiques de courte longueur. — M. Guyot, ancien élève de l'Ecole polytechnique, a été envoyé au Laboratoire par le Service des recherches de l'aéronautique, en vue de faire des essais de réflexion, sur le sol, des ondes électromagnétiques et de savoir si des appareils radioélectriques pourraient servir à prévenir, à bord d'un avion, de l'approche du sol.

L'année dernière, il avait étudié pour des ondes de 18 centimètres la proportion d'énergie réfléchie sur de l'eau salée en fonction de la conductibilité de cette eau. Cette année, il a installé ses appareils dans le parc de l'Observatoire d'astronomie physique à Meudon, sur le terrain que cet observatoire a bien voulu mettre à la disposition du Laboratoire pour les essais de réception des signaux radiotélégraphiques. L'administration des Postes et Télégraphes a mis en place, non loin de l'une des baraques en planches du Laboratoire, deux forts poteaux haubannés de 13 mètres de hauteur entre lesquels on peut faire monter une ferme de hangar d'avions d'environ 10 mètres de longueur, que l'on maintient horizontale. Aux deux extrémités de cette ferme ont été fixés, d'une part un émetteur Pierret disposé sur la ligne focale d'un miroir cylindro-parabolique et d'autre part un miroir récepteur identique au premier. Sur la ligne focale de celui-ci, est une lampe détectrice reliée par des fils à un amplificateur et à un milliampèremètre dont la déviation indique l'intensité du rayonnement reçu.

Les plans focaux des deux miroirs se croisent au dessous du plan horizontal qui contient l'émetteur et le récepteur. On peut faire varier la position de la ligne d'intersection des plans focaux en inclinant les miroirs. Lorsqu'on descend la ferme, le faisceau émis est réfléchi par le sol dans le miroir récepteur lorsque cette ligne d'intersection arrive sur le sol. L'expérience montre qu'on

observe alors une déviation du milliampèremètre qui est assez grande et assez brusque pour que la position des miroirs au dessus du sol puisse être déterminée à environ 10 centimètres. Des essais sur un sol en terre battue ou sur un sol gazonné n'ont pas donné de différence bien appréciable dans la précision du sondage. Cette précision diminue évidemment lorsqu'en rapprochant l'émetteur du récepteur on diminue l'incidence sur le sol. On a recherché jusqu'à quelle incidence la précision permet encore un sondage à quelques décimètres près ; on a trouvé que, pour deux miroirs à 10 mètres l'un de l'autre, on obtiendrait encore cette précision pour une hauteur de 35 mètres.

Le procédé employé montre que, pour un avion de 10 mètres de largeur totale, le récepteur et l'émetteur étant en bout d'aile, la méthode pourrait prévenir de la présence du sol pour une altitude fixée d'avance entre 0 et 35 mètres. Cette dernière hauteur serait augmentée pour des avions plus larges. Il faudrait cependant savoir, par des essais en vol, quelle serait l'influence d'un mouvement de balancement de l'avion. L'étude entreprise par M. Guyot est terminée et les résultats de ce travail doivent être publiés par les soins du Service des recherches de l'Aéronautique ; mais des recherches du même genre pourraient être continuées.

Etudes théoriques sur les systèmes oscillants entretenus. — M. Ph. le Corbeiller, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes détaché au Laboratoire, a continué, cette année, des travaux théoriques sur l'entretien et la production des oscillations. Il a étudié l'entretien des oscillations du réseau passif le plus général, considéré comme un quadripôle entretenu par une source d'énergie continue.

Il a, d'autre part, publié dans les *Annales des P.T.T.* un important mémoire sur le mécanisme de la production des oscillations. Il y étudie deux types généraux de système oscillant auto-entretenus : l'un est un relais irréversible dont la sortie est couplée à l'entrée par un quadripôle passif ; l'autre est réalisé par un conducteur à caractéristiques présentant un arc tombant connecté à la source et à un bipôle passif. Il a montré que chacun

de ces types peut être réalisé de deux façons, se correspondant par dualité. Il étudie ensuite les deux équations dont les solutions périodiques représentent pour l'un les oscillations série, pour l'autre les oscillations shunt.

Enfin M. le Corbeiller a étudié, dans un mémoire publié à Rome, le fonctionnement du haut-parleur.

IV. Collaborations du laboratoire.

Le Laboratoire national de radioélectricité est souvent consulté au sujet de la construction d'appareils (amplificateurs, détecteurs, oscillateurs) dont ont besoin les chercheurs travaillant soit dans les laboratoires universitaires, soit dans les laboratoires industriels. Il s'est efforcé de satisfaire à toutes les demandes et d'aider, dans la mesure de ses moyens, tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la radioélectricité.

Sur la demande du ministère de l'Education nationale, le Laboratoire a construit et fait parvenir aux membres de la mission archéologique française de Doura-Europas une balance d'induction destinée à déceler la présence souterraine des métaux. Sur la demande du même ministère, le laboratoire a envoyé un agent, M. Vivier, à l'observatoire d'Alger pour y préparer les appareils destinés aux opérations de mesure de longitudes en 1933.

M. Jouaust a été désigné pour remplacer le général Ferrié à la préparation et à l'organisation des travaux radioélectriques de la mission française de l'année polaire. Après avoir établi le programme des expériences qu'il y aurait lieu d'effectuer dans les diverses stations françaises, il s'est plus spécialement occupé de l'équipement de la mission du Scoresby Sund, commandée par le lieutenant de vaisseau Habert. Le matériel nécessaire a fait l'objet d'une étude très soignée, étant donné que cette mission devait être privée de toute possibilité de ravitaillement. Les rechanges ont été prévus en conséquence. Tous les appareils radioélectriques ont été livrés au Laboratoire national de radioélectricité et essayés dans les conditions mêmes d'exploitation par le personnel de la mission qui devait les utiliser. En particu-

lier, les dispositifs nécessaires à la mesure de la hauteur de la couche de Heaviside-Kennelly ont été expérimentés entre Paris et Meudon et tous les soins ont été donnés à l'entraînement du personnel de la mission.

D'autre part, le Laboratoire a collaboré avec le Centre d'études pratiques de la marine à Toulon : des relations au sujet de déterminations de fréquences ou d'essais d'appareils ont été établies entre les deux établissements.

Le personnel du Laboratoire continue sa collaboration à l'enseignement de la radioélectricité à l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes, à l'Ecole nationale supérieure de l'aéronautique, à l'Ecole supérieure d'électricité.

Le directeur a pris part, en qualité de conseiller technique de la délégation française, à la conférence internationale de télégraphie et radiotélégraphie à Madrid. Il a été nommé membre du conseil de l'Observatoire de Paris. Deux ingénieurs ont été choisis comme collaborateurs de l'Aéronautique.

En octobre dernier, une délégation du Laboratoire s'est rendue à Teddington au National physical laboratory, afin de se renseigner, d'une part, sur l'organisation et le fonctionnement de ce laboratoire, d'autre part sur les méthodes de mesures qui y sont en usage. Il était utile, en particulier, d'y voir un quartz étalon, en forme d'anneau, étudié par Dye. Le directeur et les ingénieurs ont très cordialement accueilli leurs collègues français et leur ont donné toutes les indications désirables pour la taille d'un quartz annulaire particulièrement bien adapté aux mesures de précision. Le Laboratoire national a décidé d'entreprendre la construction d'un tel étalon. M. Tawil, dont la compétence sur ces questions est bien connue, a fait don au Laboratoire d'un bel échantillon de quartz, assez volumineux et assez parfait pour y tailler un anneau. Qu'il veuille bien recevoir tous nos remerciements.

A la demande d'un certain nombre d'industriels, le Laboratoire national de radioélectricité a exposé quelques appareils et présenté des expériences de laboratoire au Salon de la T.S.F.. Ces expériences ont paru intéresser vivement le public. Avec

l'aide du service de la Radiotélégraphie militaire et du Syndicat des industriels radioélectriques, il a pu rassembler à cette exposition des appareils qui ont servi lors des premières années de la T.S.F. et pendant la guerre. Ces appareils, convenablement répertoriés, constitueront le noyau d'un futur musée de la T.S.F..

Comme par le passé, le personnel du Laboratoire s'est efforcé de conserver des relations fréquentes avec les laboratoires et associations scientifiques. Il a, autant qu'il lui a été possible, suivi les séances de la Société de physique, de la Société des électriciens, de la Société des amis de la T.S.F.. Le directeur a présidé, au congrès d'électricité de juillet dernier, les séances de la section de radioélectricité.

Les locaux dont dispose actuellement le Laboratoire sont insuffisants et très dispersés au milieu d'autres services. Faute de place, il n'a pas été possible de donner satisfaction à de jeunes physiciens qui auraient désiré y poursuivre des travaux. Cette situation est regrettable et préjudiciable au développement de l'activité du Laboratoire. Les recherches et même les travaux courants sont rendus difficiles, et des études d'un très grand intérêt doivent être abandonnées. La réinstallation du Laboratoire dans des locaux appropriés est heureusement à l'ordre du jour et des projets de construction sont à l'étude. On ne peut qu'en souhaiter l'aboutissement rapide.

Publications du Laboratoire national de radioélectricité au cours de l'année 1932.

C. Gutton et G. Beauvais, *Sur la décharge en haute fréquence* (C. R. Acad., des Sc., t, 194, 1932, p. 358).

C. Gutton, *Les oscillateurs à fréquence très élevée et les radiocommunications par ondes très courtes* (Revue générale de l'électricité. t, 32, 1932, p. 333.)

C. GUTTON et P. DAVID, *Rapport sur les travaux de la 9e section du congrès d'électricité de juillet 1932* (Revue générale de l'électricité, t, 32, 1932).

P. DAVID, *Les radiocommunications modernes.* Baillière, éditeur.

J. BION et P. DAVID, *Sur l'affaiblissement des ondes moyennes et intermédiaires se propageant de jour sur mer* (C. R. Acad. des Sc., t, 194, 1932, p, 1723).

P. DAVID, *Le sténode radiostat et la sélection des récepteurs* (TSF moderne, juin 1932).

P. DAVID, *Sur le rayonnement du poste radioémetteur de la tour Eiffel* (C. R. Acad. des Sc., t, 195, 1932, p. 1247).

R. JOUAUST, *L'emploi des ondes courtes pour la transmission des signaux horaires* (Union astronomique internationale, 4e assemblée générale (Cambridge, Etats-Unis).

R. JOUAUST, *Evaluation des retards dans les enregistrements de signaux horaires* (Union Astronomique Internationale, 4e assemblée générale (Cambridge, Etats-Unis).

P. ABADIE (en collaboration avec M. GIRARD), *Recherches expérimentales sur la dispersion de liquides polaires dans le champ hertzien* (C. R. Acad. des Sc., t, 195, 11 et 18 juillet 1932).

G. BEAUVAIS, *Sur un point de stabilité du potentiel d'une électrode isolée d'une lampe à trois électrodes* (C. R. Acad. des Sc., t, 194. 1932, p. 338, et Onde électrique, février 1932, p. 83).

G. BEAUVAIS, *Radiomètre pour ondes électromagnétiques* (C. R. Acad. des Sc., t, 194, 1932, pp, 1904 et 2092).

G. BEAUVAIS, *Sur la réflexion totale des ondes hertziennes* (C. R. Acad. des Sc., t, 195, 1932, p. 1068).

R. MESNY, *Cours de radioélectricité générale de l'Ecole supérieure d'électricité.* publié à l'usage des élèves par l'Ecole.

Ph. LE CORBEILLER, *Le mécanisme de la production des oscillations* (Annales des P.T.T.. août 1932).

Ph. LE CORBEILLER, *Sur l'entretien en oscillations du réseau passif le plus général* (C. R. Acad. des Sciences, t, 194, 1932, p. 1564).

Ph. LE CORBEILLER, *Rapport à la conférence de Madrid sur la propagation des ondes de 150 à 2000 kC /s et de 50 à 2000 km.*

Ph. LE CORBEILLER, *Le haut-parleur*, Roma, Typografia del Senato, 1932.

Utilisation de

TUBES PNEUMATIQUES A SÉLECTIONS POUR LE PAYEMENT DES CHÈQUES A VUE

dans les bureaux centraux de chèques postaux,

par E. LAPIERRE,
sous-chef de bureau breveté des Postes et Télégraphes,
et RAYNIER,
rédacteur principal des Postes et Télégraphes.

Dès l'origine de l'institution, en 1918, le service des chèques postaux fit un très large appel au machinisme ; il a persévéré dans cette voie, suivant avec intérêt tous les progrès de la technique moderne, apportant sans cesse des améliorations et des perfectionnements, afin de donner plus de facilités au public.

En ce qui concerne le payement des chèques à vue, de par l'organisation même du service et indépendamment des agents du guichet, plusieurs sections doivent intervenir pour effectuer un remboursement. Dès lors, il est indispensable, afin d'éviter de trop longues attentes de la clientèle, d'établir des liaisons rapides entre le guichet et les diverses sections qui participent aux autorisations et au contrôle nécessaires.

En vue d'obtenir ce résultat, plusieurs systèmes mécaniques pouvaient être envisagés : bandes transporteuses, pick-up, tubes pneumatiques. L'administration s'est arrêtée à ce dernier mode de liaison, qui répond le mieux au genre de travail à exécuter et qui offre, par ailleurs, deux variantes principales d'installation et une certaine souplesse dans la mise en place du matériel.

a) La première solution consiste à relier le guichet des payements à vue, à l'aide de tubes, à certains points choisis dans les salles des groupes de travail, la répartition des titres sur les différents groupes étant assurée ensuite par de jeunes boulistes. Par ce procédé, l'acheminement ultérieur des chèques sur les autres

sections (service du 1421, service du contrôle), ainsi que leur renvoi sur les points ci-dessus désignés en vue de leur réexpédition au guichet, sont également effectués par boulisterie manuelle ;

b) Dans la deuxième solution, le guichet des payements à vue est mis en relation directe avec tous les groupes de travail à l'aide de tubes à sélections, et le renvoi des titres, des groupes de travail au service du 1421 et au service du contrôle, ainsi que leur réexpédition au guichet, sont également assurés mécaniquement par un tube de retour.

La première solution, qui comporte une installation moins compliquée et partant moins coûteuse, nécessite, par contre, l'emploi de jeunes boulistes à l'intérieur des salles. Elle a été adoptée pour le bureau de chèques de Paris (fig. 1), en février 1930, à un moment où les tubes à sélections n'étaient pas encore fabriqués en France. Cette installation a permis de réduire à une moyenne de 10 minutes environ les délais d'attente, qui dépassaient parfois une demi-heure.

Mais, depuis que les fabricants français peuvent exploiter en France des brevets étrangers ou ont mis au point des tubes à sélections, et étant donné les facilités nouvelles qu'offrent ces dernières installations, l'administration a déjà fait équiper avec ce matériel les bureaux de chèques de Strasbourg et de Dijon. Des installations de ce genre viennent d'être terminées et mises en service à Bordeaux et à Rennes. Au bureau de chèques de Lyon, la pose de tubes pneumatiques est en voie d'exécution. Des études sont en cours pour Toulouse et Lille.

Principe des tubes à sélections. — Du guichet, le chèque, introduit dans une cartouche, est expédié au groupe de travail qui possède le compte du tireur.

Le tube « Expédition » est unique ; mais il possède autant de dispositifs d'éjection qu'il y a de groupes de travail à desservir.

L'employé, en même temps qu'il expédie le curseur par l'embouchure d'envoi, appuie sur un bouton portant l'indicatif du groupe de travail destinataire ; l'appareil d'éjection correspon-

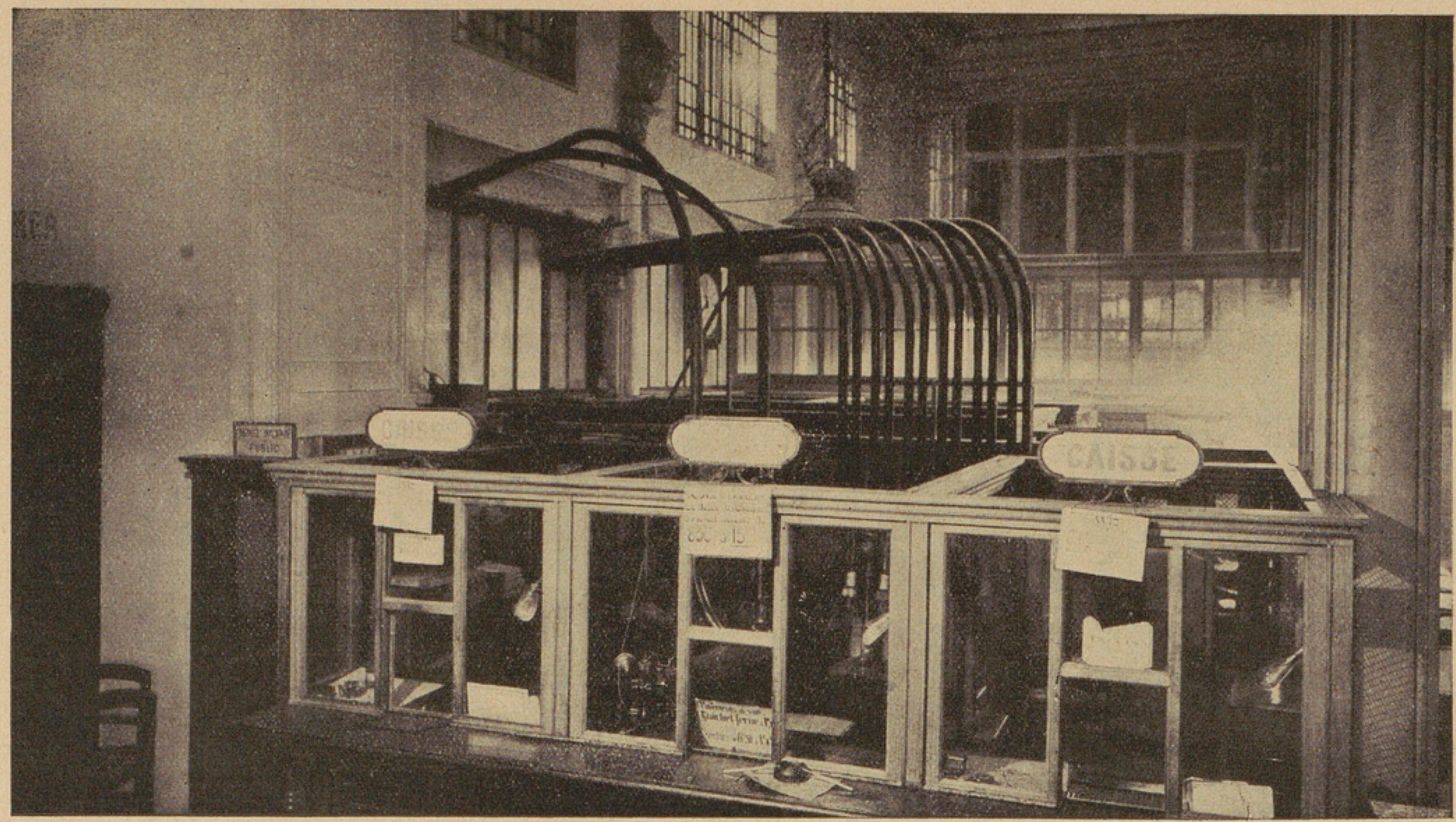


Fig. 1.

dant est commandé à distance par cette manœuvre et mis en position pour délivrer la cartouche. Il y a lieu de remarquer que le poste dirigeur des cartouches peut être placé indifféremment au guichet ou au service du 1421. Cette dernière disposition est parfois dictée par la distribution des locaux, mais elle a l'inconvénient de créer un intermédiaire de plus.

Les opérations de débit étant effectuées, le mandat, remis dans une cartouche, est transmis au service du 1421 par un tube de retour unique passant par tous les groupes de travail, qui possèdent chacun sur ce tube une embouchure « Renvoi ».

Par des procédés analogues, le mandat passe ensuite au service de l'authentification (service du contrôle), et il est finalement renvoyé au guichet pour payement.

Caractéristiques des installations. — Les caractéristiques d'une installation de ce genre sont donc les suivantes :

a) un tube de distribution à embouchure d'envoi unique et à sorties multiples commandées à volonté par le poste d'origine ;

b) un tube de retour à embouchures d'envoi multiples et à poste de réception unique.

Les nécessités techniques sont les suivantes :

1° La distribution doit se faire sans qu'il y ait *mélange*, c'est-à-dire sans qu'une cartouche destinée à un poste arrive à un autre. Ce résultat est obtenu au moyen d'un système dit *d'interdiction*, qui peut être soit partiel, soit total. Il est total si la ligne est interdite tant que la précédente cartouche n'est pas arrivée à destination ; il est partiel si l'interdiction ne vise qu'un certain tronçon de la ligne dans lequel on ne peut engager une cartouche derrière une autre sans risque de mélange. Les modes d'interdiction sont variés : ils intéressent soit les boutons de commande à distance des appareils d'éjection, soit l'embouchure d'envoi qui se trouve verrouillée, soit les deux éléments à la fois.

2° Le tube de retour à embouchures multiples doit pouvoir admettre simultanément en ligne, sans bouchage, autant de cartouches qu'il y a d'embouchures d'envoi. Le moment d'introduction du mobile dans la ligne étant quelconque, la disposition

doit être telle qu'à aucun instant il n'y ait possibilité, ni de rencontre de cartouches en ligne, afin d'éviter une perte de charge trop grande, ni de coincement d'un curseur déjà en ligne avec une cartouche venant d'une dérivation.

3° Enfin l'ouverture d'un clapet, si l'installation ne possède

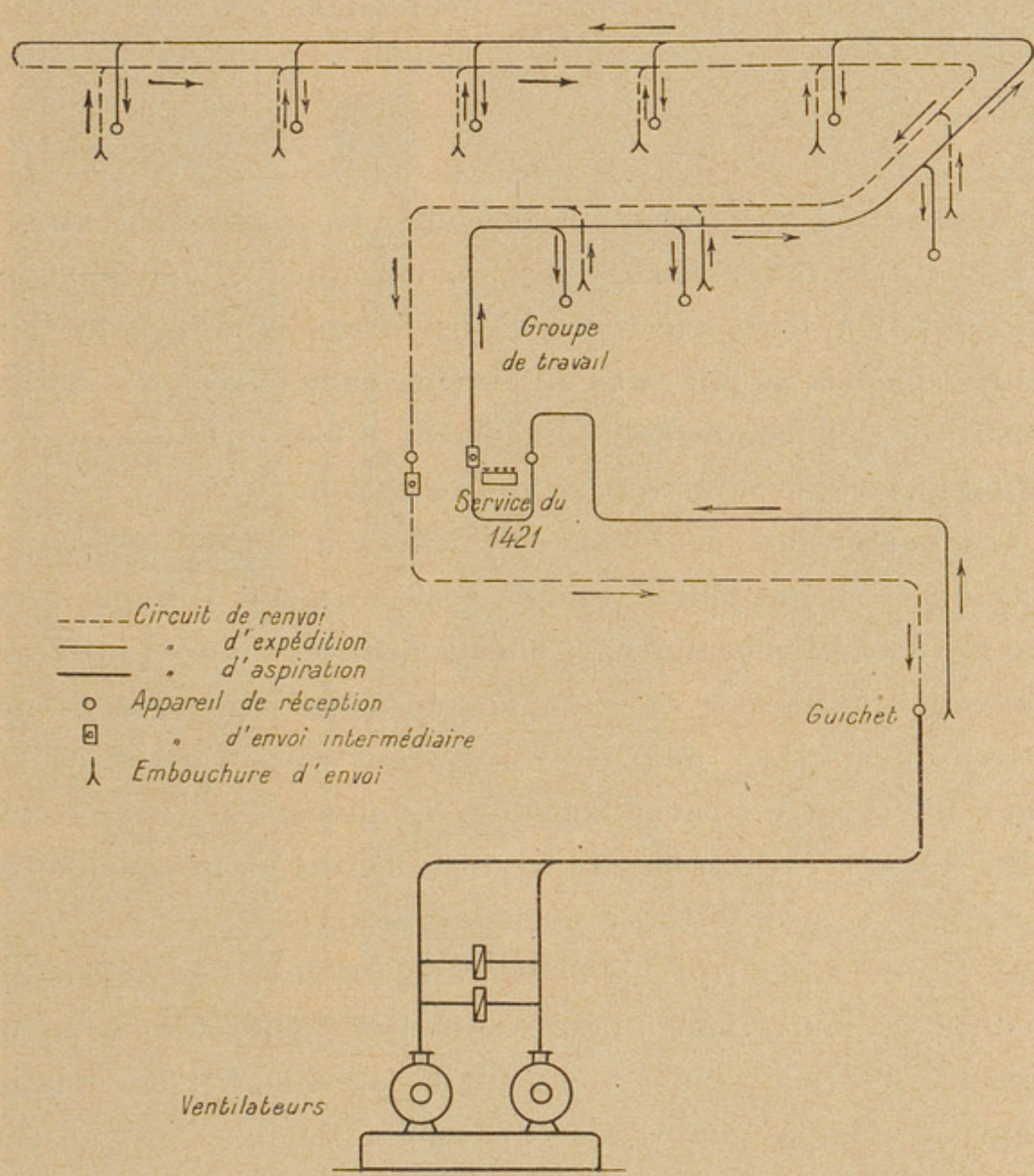


Fig. 2.

pas de dispositif d'éclusage, a pour effet de mettre un tronçon de ligne à la pression atmosphérique et de faire cesser la propulsion des mobiles envoyés dans ce tronçon ; il est donc nécessaire que les cartouches immobilisées par une manœuvre d'ouverture d'un clapet repartent d'une façon certaine dès le rétablissement normal de la ligne. Ces résultats sont obtenus d'une façon simple

en munissant les cartouches de collerettes de cuir, en remplacement des feutres généralement en usage dans les lignes peu importantes établies à l'intérieur d'un même immeuble, et surtout en employant des ventilateurs susceptibles d'un vide élevé en cas de bouchage de la ligne par immobilisation d'un train de curseurs. La possibilité d'emploi de dépressions élevées exige que les appareils terminaux soient à double clapet avec dispositif d'éclusage.

Application au payement des chèques postaux à vue. — La figure 2 se réfère à l'installation théorique d'une boulisterie pneumatique à huit sélections. Dans le cas envisagé, le transport des curseurs se fait par l'air raréfié, dans le sens des flèches ; le poste du guichet dispose simplement d'une embouchure d'expédition ouverte et d'un appareil de réception.

Les cartouches contenant les effets à traiter arrivent au service du 1421, qui joue le rôle de poste dirigeur. Il s'agit, à partir de ce point, d'acheminer les chèques sur les groupes intéressés. La sélection peut être obtenue de plusieurs façons ; nous nous bornerons à citer les deux suivantes, qui sont d'usage courant et qui sont employées par la Société d'équipement des voies ferrées, par les Anciens établissements Saunier, Duval et Frisquet et par la Société française de tubes pneumatiques.

a) *Sélection par relais commandés à distance.* — L'agent dirigeur dispose d'un clavier à boutons dont la manœuvre commande à distance les relais qui actionnent les aiguillages ; une platine, portant des lampes-pilotes d'occupation de la ligne, est adjointe au clavier (fig. 3 et 4).

Lorsqu'on appuie sur un des boutons, le relais correspondant est excité ; son armature vient au collage entraînant l'*aiguille* solidaire, qui forcera la cartouche à quitter le tube de distribution pour s'engager dans la dérivation desservant le poste considéré.

Dès que le mobile a franchi l'aiguillage, le circuit d'excitation est ouvert ; l'aiguille revient à sa position de repos ; la lampe-pilote s'éteint, et le bouton, qui était enclenché, reprend sa position normale ; le tube est alors prêt pour un autre envoi. La vi-

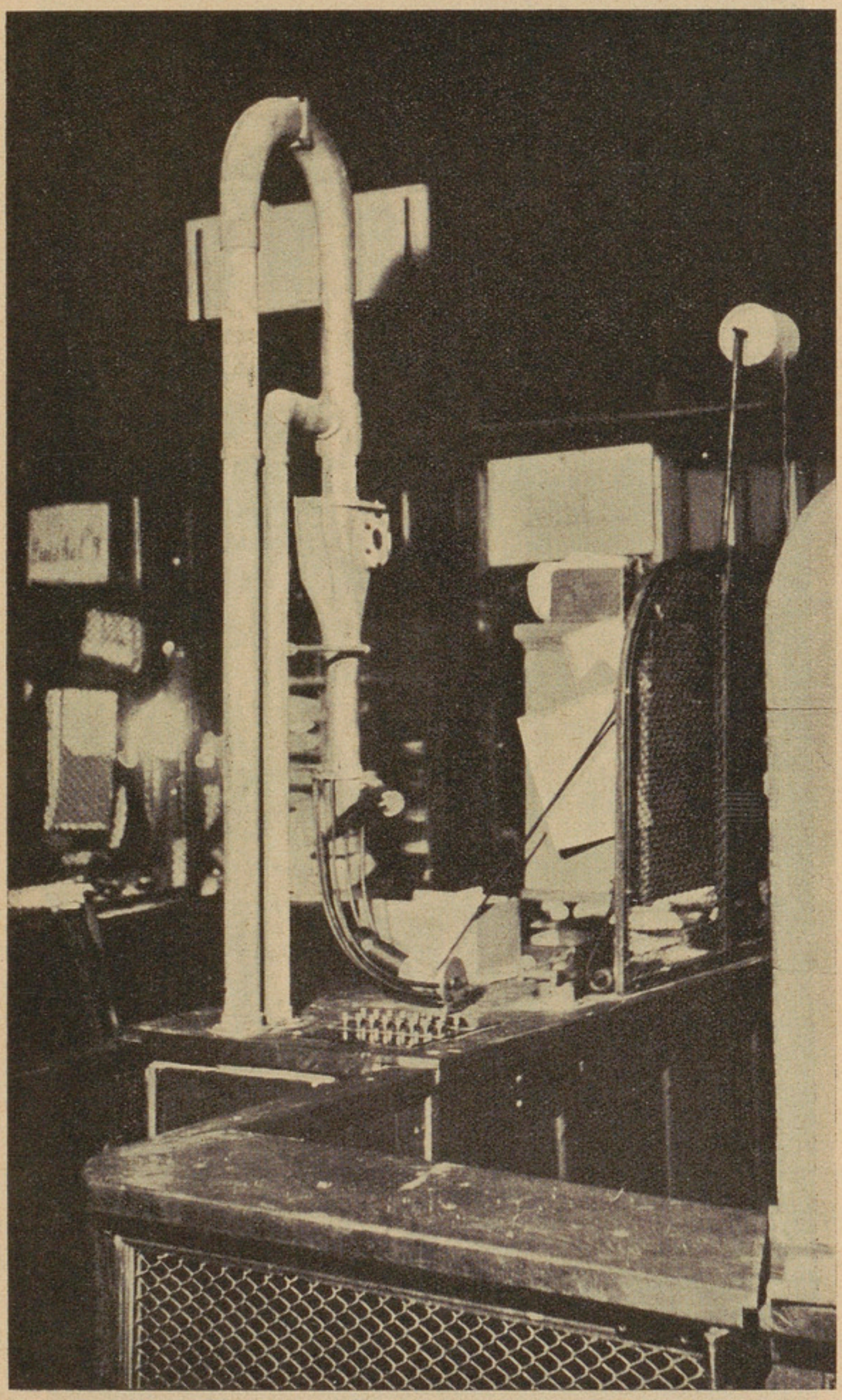


Fig. 3. — Guichet ; appareil de réception à double clapet ; appareil d'envoi et boîte de commande à boutons, muitiplée avec celle du contrôle.

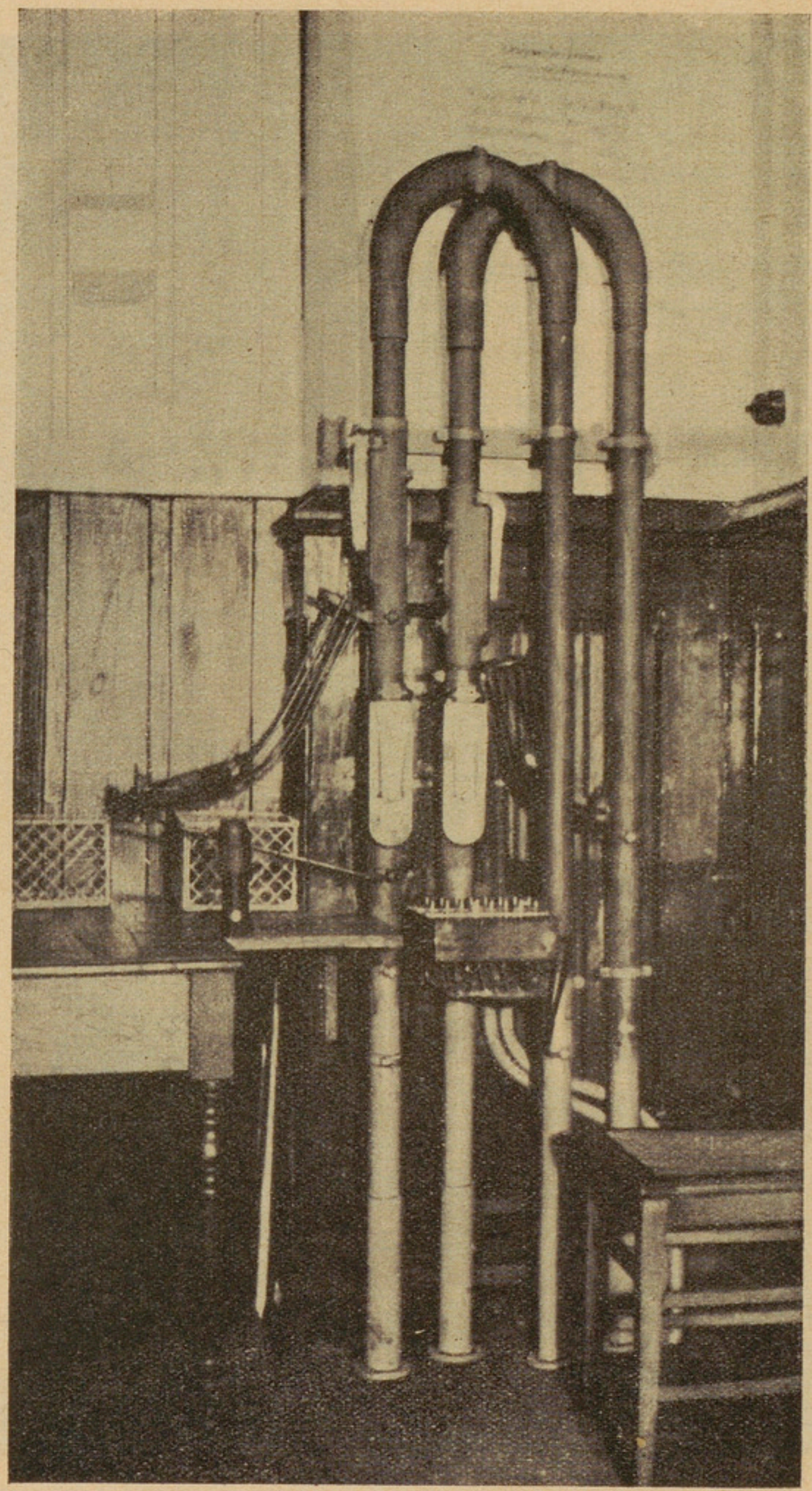


Fig. 4. — Poste du service du contrôle.

tesse moyenne de transport variant entre 10 et 15 mètres à la seconde, la fréquence des envois, pour une installation de moyenne longueur, peut varier de 3 à 5 par minute ; pratiquement, cette vitesse n'est jamais atteinte, les opérations du guichet nécessitant un laps de temps supérieur à celui du transport.

La figure 5 donne la description schématique d'un aiguillage sur le tube de distribution. Dans la position I, le *doigt mobile*

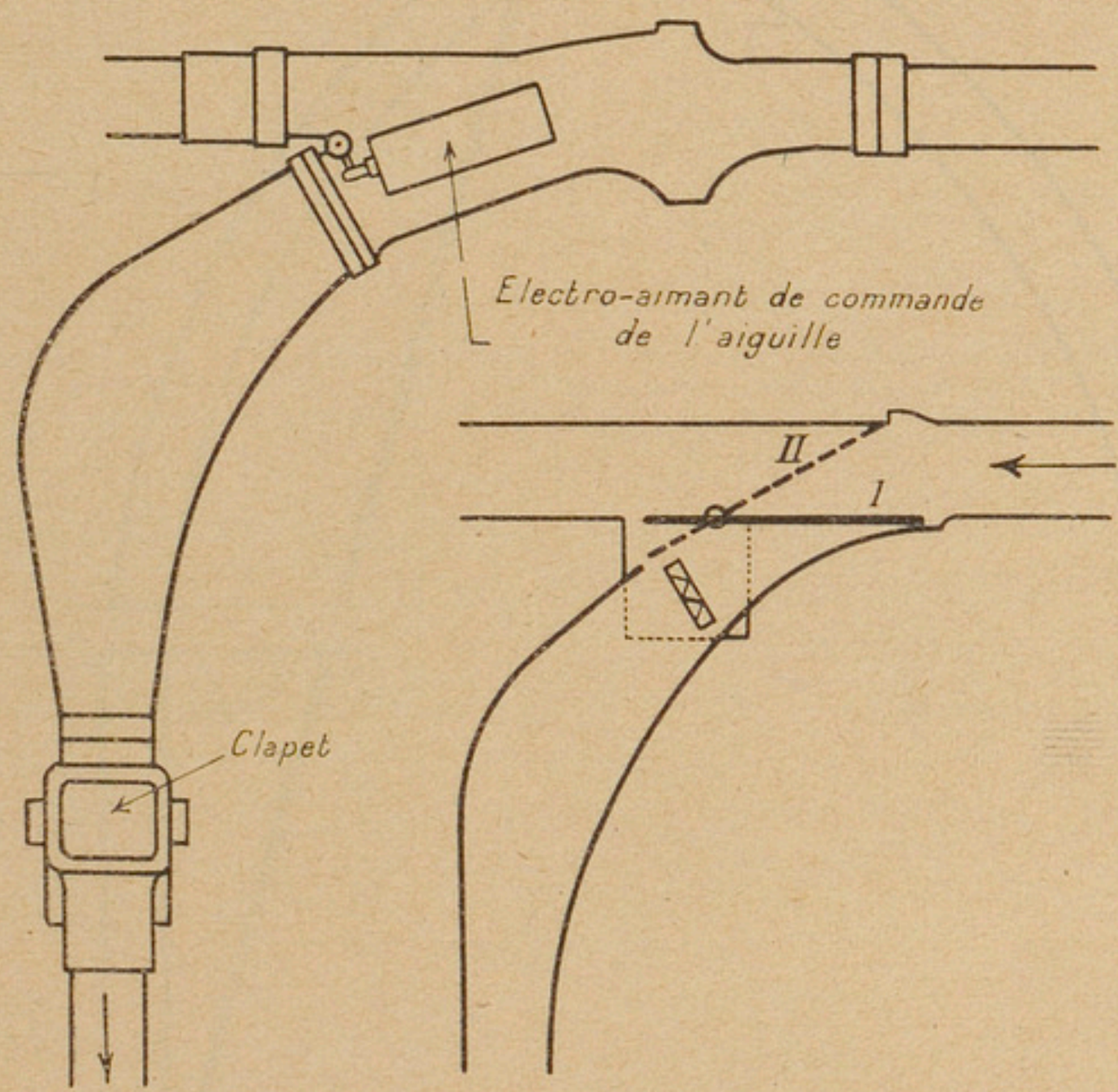


Fig. 5.

est au repos : la circulation est permise dans le tube de distribution ; dans la position II, le doigt se relève et obture la voie principale : la cartouche est forcée de s'engager dans la dérivation.

Les figures 6 et 7 intéressent le tube de retour. Les dispositifs destinés à éviter le coincement des cartouches en ligne aux aiguillages fonctionnent soit électriquement (fig. 6), soit mécaniquement (fig. 7).

Dans le premier cas, dès l'introduction de la cartouche, un relais est actionné ; son armature, en se relevant, obture le tube

collecteur de retour, arrêtant ainsi les cartouches qui circulent en

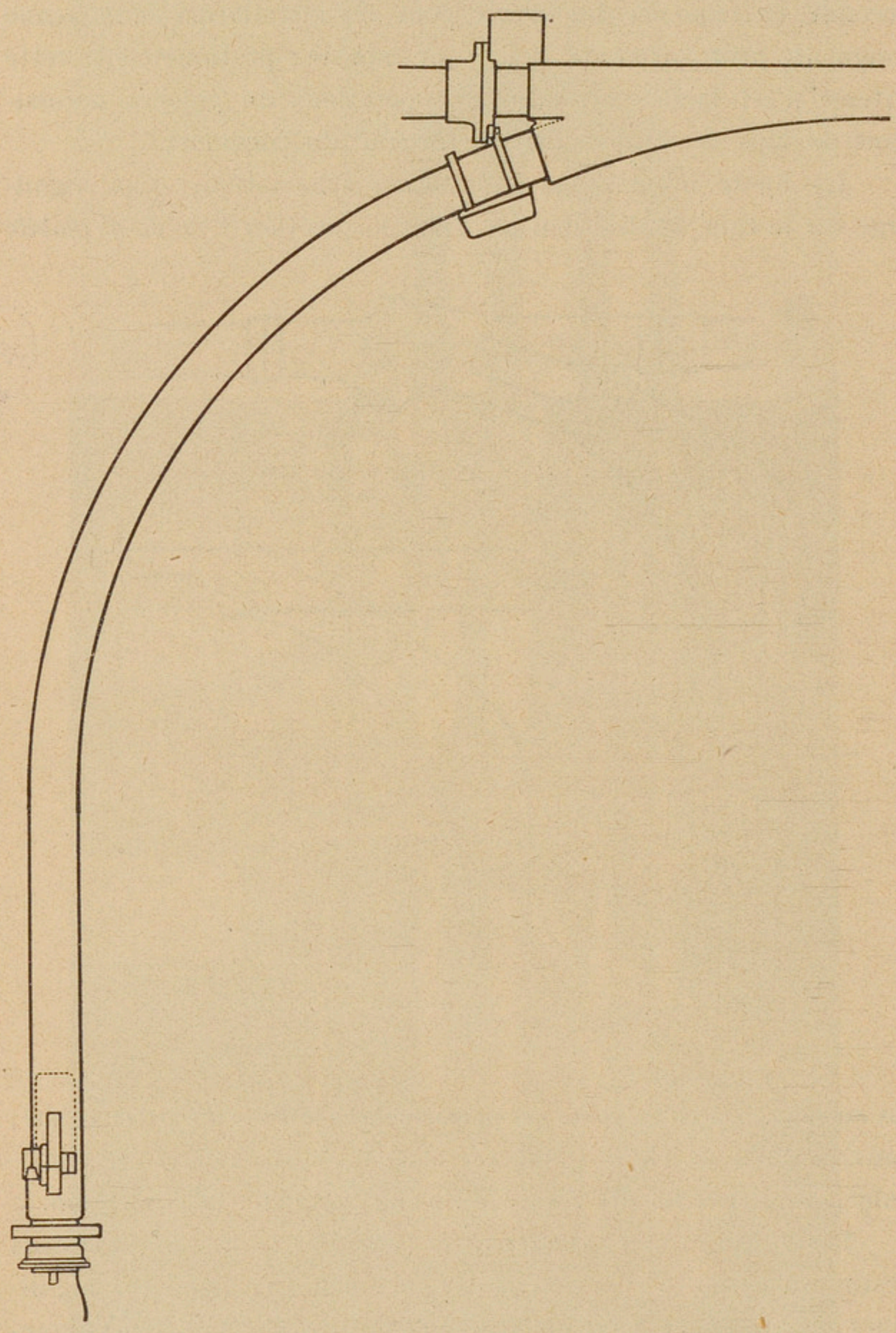


Fig. 6.

amont de l'aiguillage ; dès que la dérivation est franchie, le volet retombe et les cartouches immobilisées reprennent leur marche.

Dans le second cas, l'ouverture du clapet d'envoi provoque mécaniquement la fermeture du volet de blocage. Il est nécessaire de maintenir ouvert le clapet pendant quelques dixièmes

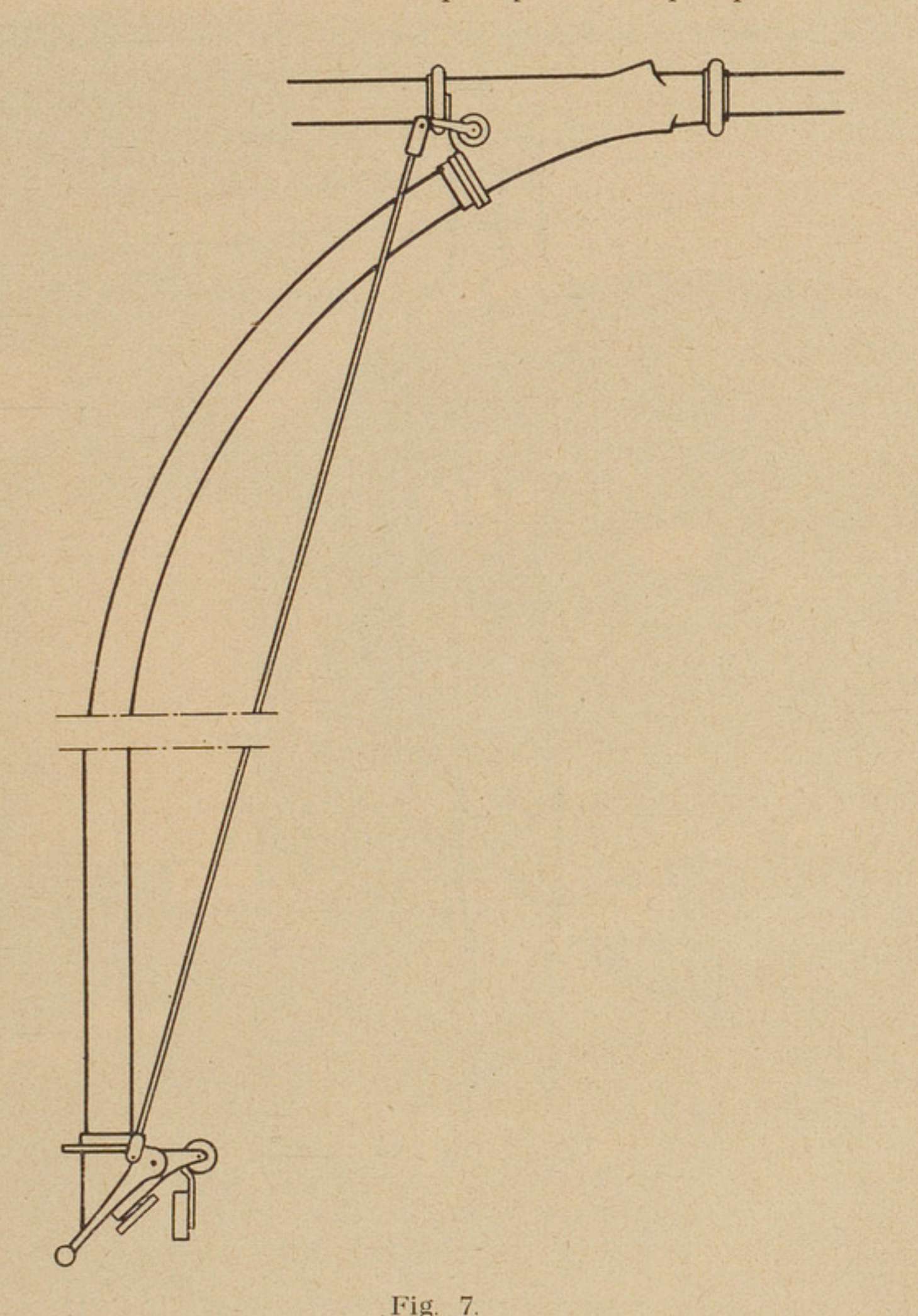


Fig. 7.

de seconde, pour donner à la cartouche le temps de passer l'aiguillage.

b) *Sélection par les cartouches elles-mêmes.* — Dans ce système, qui n'est pas encore en usage dans l'administration française mais fait actuellement l'objet d'une étude, la sélection est

faite sur la cartouche au moyen d'un ensemble de bagues fixes et mobiles, dont les positions relatives constituent des indicatifs correspondant aux postes à desservir.

La cartouche en fibrine se termine par une tête en feutre ;

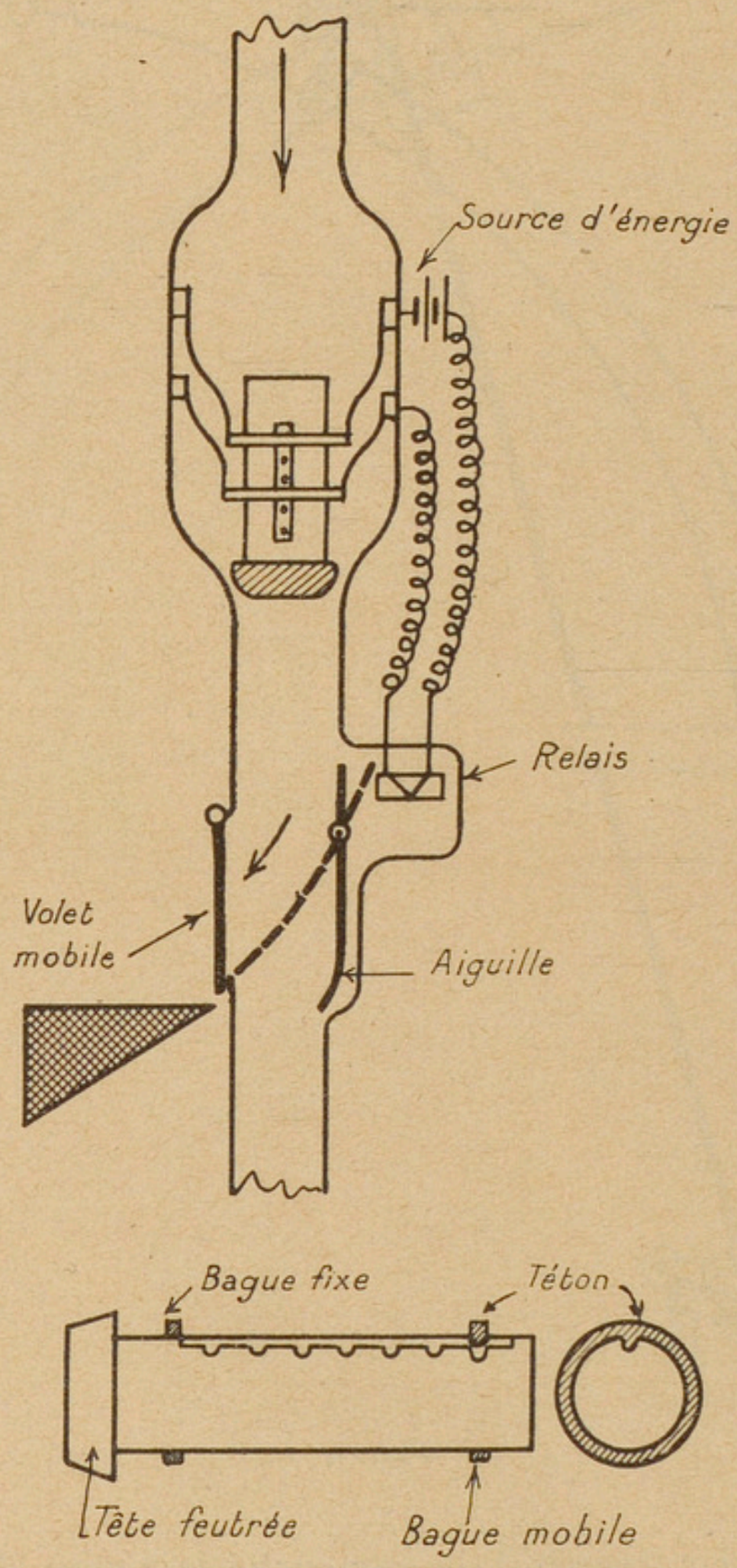


Fig. 8.

dans le corps, suivant une génératrice, est encastrée une pièce de cuivre dans laquelle sont pratiquées un certain nombre d'al-

véoles ; ces alvéoles reçoivent un têton porté par les bagues mobiles, qui sont ainsi maintenues dans la position désirée.

Fig. 9. — Vue d'ensemble d'une des salles (postes intermédiaires).

Pour multiplier les combinaisons, surtout dans le cas d'une installation importante, on peut augmenter le nombre de bagues

sur la cartouche ; par exemple, il est facile d'imaginer un système formé de deux bagues mobiles placées de part et d'autre d'une bague fixe.

Avant chaque poste intermédiaire, le tube de distribution s'élargit et forme une espèce de chambre, dans laquelle est situé

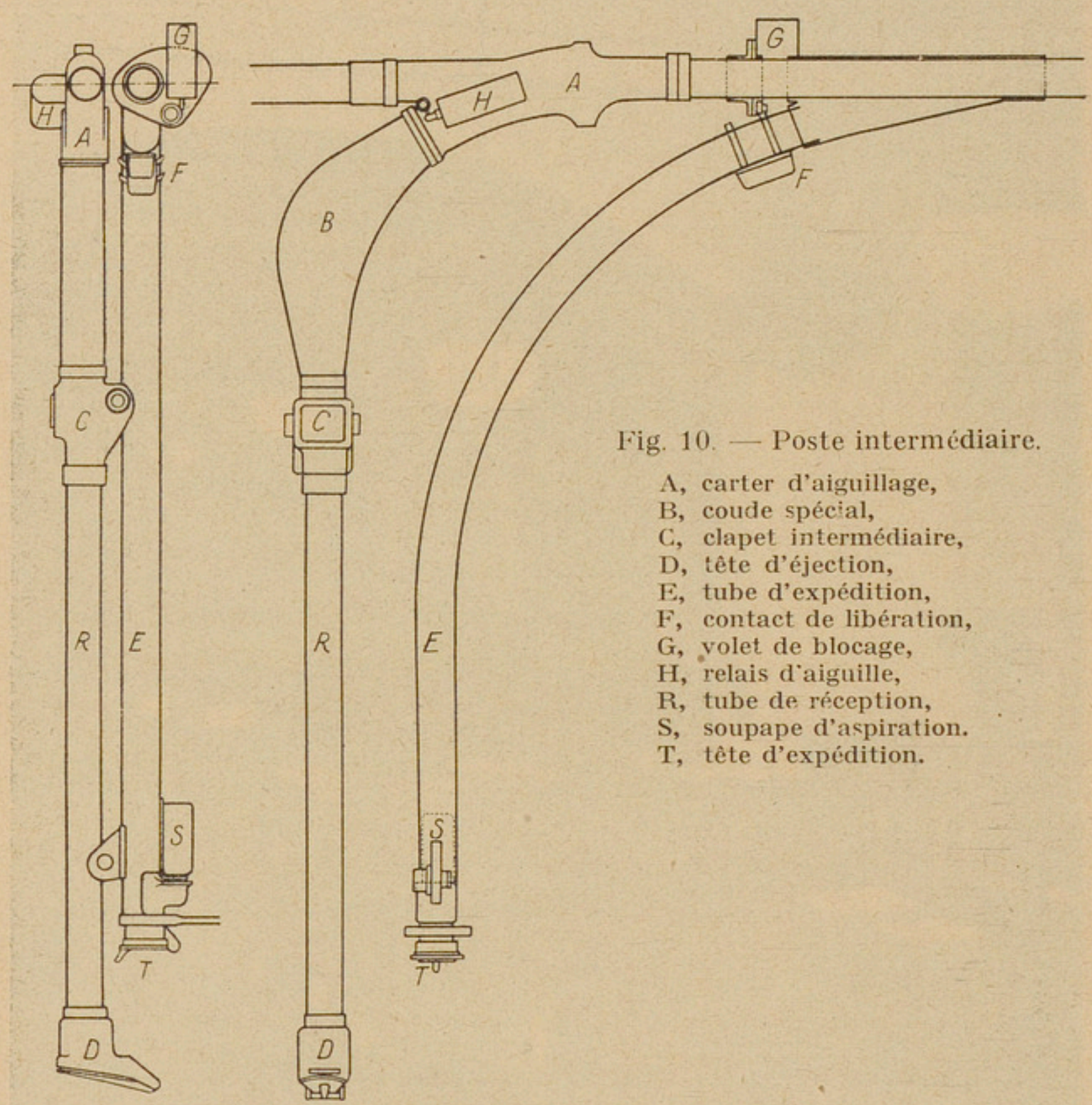


Fig. 10. — Poste intermédiaire.

A, carter d'aiguillage,
B, coude spécial,
C, clapet intermédiaire,
D, tête d'éjection,
E, tube d'expédition,
F, contact de libération,
G, volet de blocage,
H, relais d'aiguille,
R, tube de réception,
S, soupape d'aspiration.
T, tête d'expédition.

le dispositif de sélection. Ce dernier se compose d'un certain nombre de groupes de trois ressorts d'acier, isolés électriquement du tube ; le nombre de groupes correspond à celui des bagues. Les groupes sont décalés verticalement d'une distance qui est fixe pour chaque dispositif, mais différente pour deux dispositifs quelconques.

Chaque série de ressorts fait partie d'un circuit électrique dans

lequel est intercalé un relais spécial commandant l'aiguillage.

La correspondance entre la distance fixe des groupes de ressorts et l'écartement réglable des bagues détermine la sélection ; lorsqu'il y a correspondance, le circuit d'excitation du relais se ferme par l'intermédiaire du système des bagues ; le relais est alimenté et l'éjection de la cartouche se fait dans les conditions décrites pour le système précédent.

La figure 8 est relative à une chambre de sélection. Une cartouche à deux bagues est engagée entre les ressorts ; l'aiguille occuperait la position dessinée en pointillé. Au dessous, on voit la coupe, dans le sens longitudinal, d'une cartouche et de sa bague mobile. Ce dispositif fait l'objet d'un brevet de la Société française de tubes pneumatiques. Dans les installations proposées par cette firme, le blocage aux dérivations des cartouches réexpédiées des postes est évité par un volet solidaire du clapet de fermeture des bouches de renvoi analogue à celui qui est reproduit par la figure 7.

Force motrice. — Les cartouches sont mues dans les tubes soit par l'air comprimé, soit par l'air raréfié ; quelquefois, les deux moyens sont appliqués. La pression et la dépression sont obtenues à l'aide de ventilateurs centrifuges ou de turbines, dont la puissance est fonction du nombre de postes intermédiaires et, partant, de la longueur des lignes. Les ventilateurs employés dans les installations déjà réalisées sont du type Root ou Baudot-Hardoll.

Dans les installations très importantes, il serait nécessaire d'avoir des groupes raréfacteurs de puissance élevée s'il n'existait pas de procédés pour la réduire assez sensiblement. Afin d'obtenir ce résultat, deux solutions peuvent être envisagées :

ou adopter le fonctionnement par pression-dépression ;

ou bien répartir les postes intermédiaires sur 2, 3,..., n lignes principales.

Dans le premier cas, le groupe moto-ventilateur est placé vers le milieu de la ligne, en sorte que les cartouches sont aspirées dans la première partie du circuit et refoulées dans la seconde partie ; on utilise ainsi l'action du ventilateur dans les deux sens.

Dans la seconde hypothèse, au poste dirigeur sont disposées

les embouchures d'envoi des 2, 3,..., *n* lignes d'expédition vers les groupes. Ces *n* lignes sont greffées sur un dispositif dit *vanne*

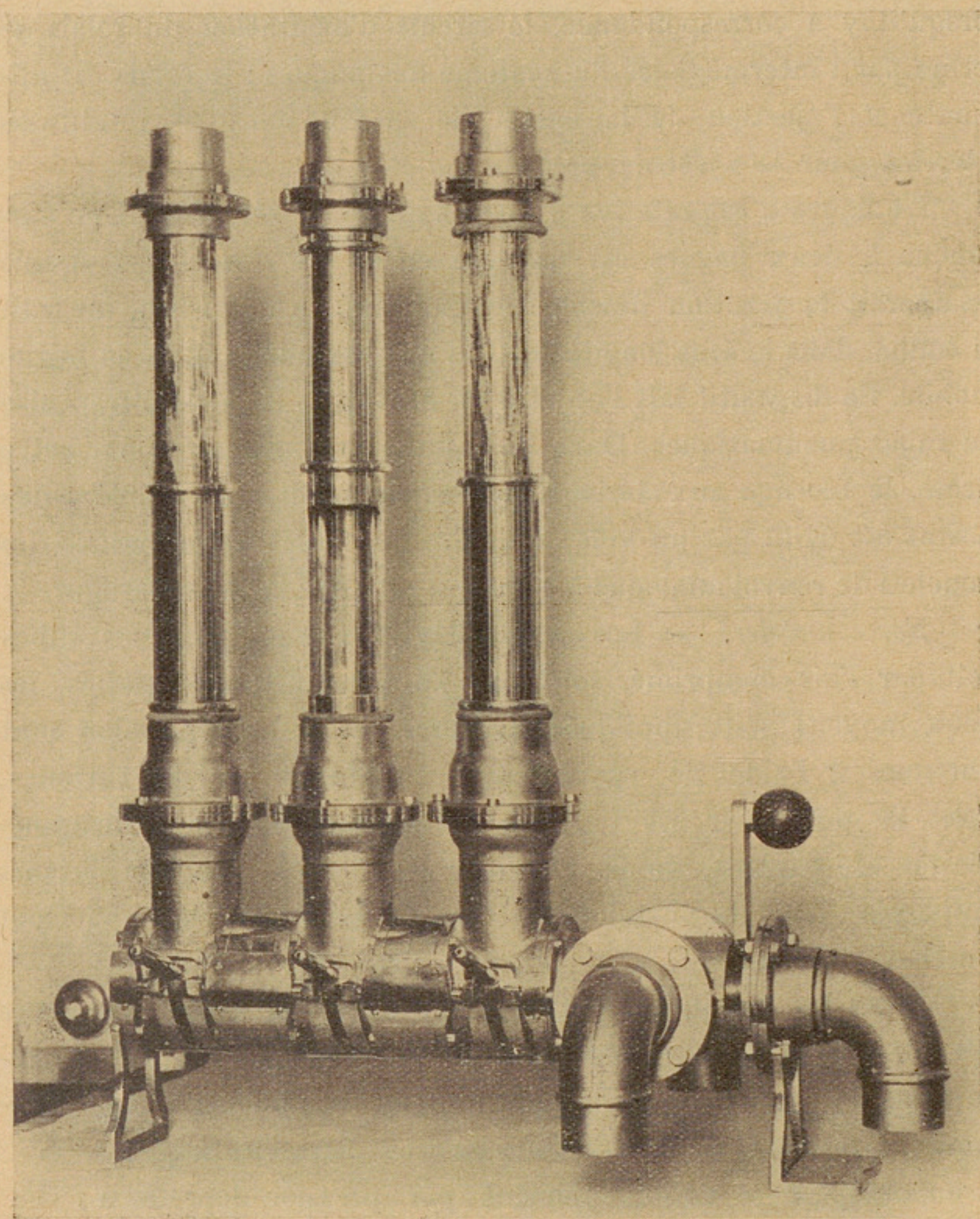


Fig. 11. — Vanne sélectrice.

sélectrice (fig. 11), qui permet de n'admettre l'air comprimé ou déprimé que dans le tube momentanément utilisé, les autres voies étant obturées automatiquement par le jeu d'un levier extérieur dont la manœuvre libère le circuit intéressé. On peut

ainsi réduire notablement la puissance des groupes et, comme conséquence, réaliser une économie appréciable d'énergie.

Par mesure de sécurité, les installations sont généralement dotées de deux stations de pompage pour alimenter le réseau d'air. Une manœuvre très simple de vannes permet, en cas de panne affectant un groupe, d'utiliser le second.

L'énergie nécessaire au fonctionnement des relais est fournie soit par des accumulateurs, dont la charge est assurée de façon constante par des redresseurs statiques (cas de Strasbourg), soit par des convertisseurs de 60 volts et 250 watts (cas de Dijon).

Résultats obtenus. — Depuis l'installation des tubes à sélections au bureau de chèques de Strasbourg, le délai d'attente, qui était de 20 minutes au moins, a pu être ramené à un délai variant de 5 à 10 minutes. La navette par jeunes boulistes, qui avait été établie entre le guichet de la recette principale, où s'effectuent les payements, et les salles de travail du bureau de chèques, a été supprimée. A également été réduit un va et vient dans les salles, qui gênait l'exécution du service. Les titres déposés au guichet ne s'accumulent plus pour attendre le passage du bouliste : ils sont acheminés au fur et à mesure de leur dépôt.

Des résultats identiques ont été obtenus à Dijon, où les délais d'attente, qui étaient de l'ordre de 20 à 25 minutes, ont été ramenés à 5 minutes en moyenne.

Il n'est pas exagéré de dire que, dès que les nouvelles installations fonctionneront à Bordeaux, Lyon, Rennes, Toulouse et Lille, elles seront très appréciées du public, par l'amélioration notable qu'elles apporteront au service des payements à vue.

MISE EN SERVICE DES NOUVEAUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES DE PARIS,

par J. ROUVIÈRE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Depuis le mois de septembre 1928, vingt et un bureaux centraux automatiques, desservant plus de 125.000 lignes d'abonnés, ont été mis en service dans le réseau téléphonique de Paris. Le rythme de ces mises en service, d'abord lent, s'est ensuite accéléré, au point qu'à l'heure actuelle les inaugurations de bureaux se succèdent à la vitesse moyenne d'une toutes les six semaines environ : dans le courant de l'année 1932, le réseau de Paris s'est augmenté de huit bureaux automatiques nouveaux, desservant en tout 45.000 lignes d'abonnés.

Il en résulte que les opérations de transfert des bureaux sont devenues à Paris d'une pratique absolument courante. La direction des Services téléphoniques de Paris a eu tout le loisir, depuis le début de la transformation du réseau, d'étudier de très près les diverses méthodes de transfert et de perfectionner progressivement les procédés choisis. Une technique nouvelle des transferts a été ainsi mise au point, et il est permis de considérer aujourd'hui qu'elle a fait ses preuves : cette technique, appliquée depuis un an à des opérations intéressant une cinquantaine de mille d'abonnés, n'a donné lieu à aucun déboire ; non seulement les opérations de transfert elles-mêmes se sont déroulées sans incident, mais encore les dérangements consécutifs aux transferts se sont révélés très

peu nombreux, à tel point qu'une semaine environ après les transferts le nombre quotidien des dérangements avait repris sa valeur normale.

Il y a lieu de noter tout de suite que ces méthodes de transfert, dont l'efficacité semble ainsi consacrée par les résultats, ne comportent aucune innovation, mais simplement l'application rationnelle de procédés bien connus. Nous avons recherché avant tout la simplicité. Nous n'ignorons pas que certains offices étrangers se sont attachés à réaliser des transferts extrêmement rapides, dits transferts instantanés. Mais ces transferts exigent une préparation minutieuse, dont la complication ne paraît pas justifiée par les résultats obtenus. Il nous a semblé qu'entre le transfert instantané et le transfert qui se prolonge pendant toute une nuit, il y avait place pour un juste milieu. Le but à atteindre était le suivant : réaliser un transfert assez rapide pour que tous les abonnés d'un bureau puissent être transférés en une seule opération sans qu'il en résulte pour eux de gêne appréciable. Il est bien certain que la durée d'interruption admissible pour une ligne d'abonné est variable suivant les heures de la journée. A deux heures du matin, elle pourrait être très grande. Mais il est peu souhaitable et peu économique de faire travailler le personnel chargé du transfert à des heures aussi avancées de la nuit. Entre 21 et 22 heures, une interruption variant entre 15 et 30 minutes au maximum ne semble pas devoir causer de préjudice grave à la majorité des usagers du téléphone. Cette interruption est parfaitement acceptable, à condition de prendre des mesures exceptionnelles pour les services publics importants (commissariats de police, postes de sapeurs-pompiers, hôpitaux, etc...), ainsi que pour les médecins, pharmaciens, cliniques, etc... : ces abonnés peuvent être transférés par priorité, c'est-à-dire avant les autres et par des procédés spéciaux, de façon que l'interruption de leur ligne n'excède pas quelques minutes.

Nous nous proposons, dans l'étude qui suit, de donner quelques précisions sur la préparation et l'exécution des transferts conçus d'après les principes exposés ci-dessus, ainsi que sur les résultats constatés à la suite de ces transferts.

I. Préparation du transfert.

Nous ne parlerons que pour mémoire du travail important exécuté par le service des lignes souterraines pour la préparation des transferts. Cette question sort du cadre de cette étude, limitée aux opérations effectuées par le service des installations. On sait du reste que les travaux de lignes souterraines consistent dans la mise en Y des abonnés, c'est-à-dire leur mise en dérivation sur l'ancien et le nouveau répartiteur. Cette opération n'est évidemment nécessaire que si le transfert s'accompagne d'un changement d'immeuble. Dans certains cas, le bureau manuel ancien et le bureau automatique destiné à le remplacer sont installés dans le même immeuble ; si le répartiteur du bureau manuel est en bon état, il n'y a aucune raison de prévoir de nouvelles têtes de câbles pour l'automatique, et par suite, l'ancien réseau de lignes peut resservir sans modification.

1° Transformation des postes d'abonnés. — Dans l'ordre chronologique, la préparation du transfert débute par la transformation des postes d'abonnés. Cette opération consiste dans le remplacement des anciens postes par des postes du modèle de 1924 munis de cadrans, ainsi que dans le remplacement ou l'adaptation des tableaux, standards et autres installations diverses. Nous n'insisterons pas sur les modalités de cette transformation. Nous nous bornerons à signaler que c'est une opération de très grande envergure, qui exige une préparation longue et minutieuse pour le recensement des installations et la consultation des abonnés, et qui nécessite, pour être menée à bien, un personnel nombreux et exercé. A titre d'indication, la transformation des installations d'abonnés dans le secteur « Elysées » (environ 6000 installations d'abonnés, comprenant un grand nombre d'installations importantes) a occupé une trentaine de monteurs pendant un an. L'ensemble des travaux de transformation dans le réseau de Paris utilise en permanence un effectif de cinq conducteurs de travaux, sept chefs monteurs et cent soixante monteurs et aides-monteurs.

2° Raccordement des lignes d'abonnés au répartiteur du nouveau bureau. — Plusieurs mois avant la date fixée en principe pour l'ouverture d'un bureau (quatre mois environ pour un transfert d'une dizaine de mille abonnés), commencent sur le répartiteur de ce bureau les opérations de liaison des lignes d'abonnés. Ces opérations ne peuvent évidemment être entreprises qu'après l'achèvement des travaux de raccordement en Y effectués par le service des lignes souterraines. Une documentation complète

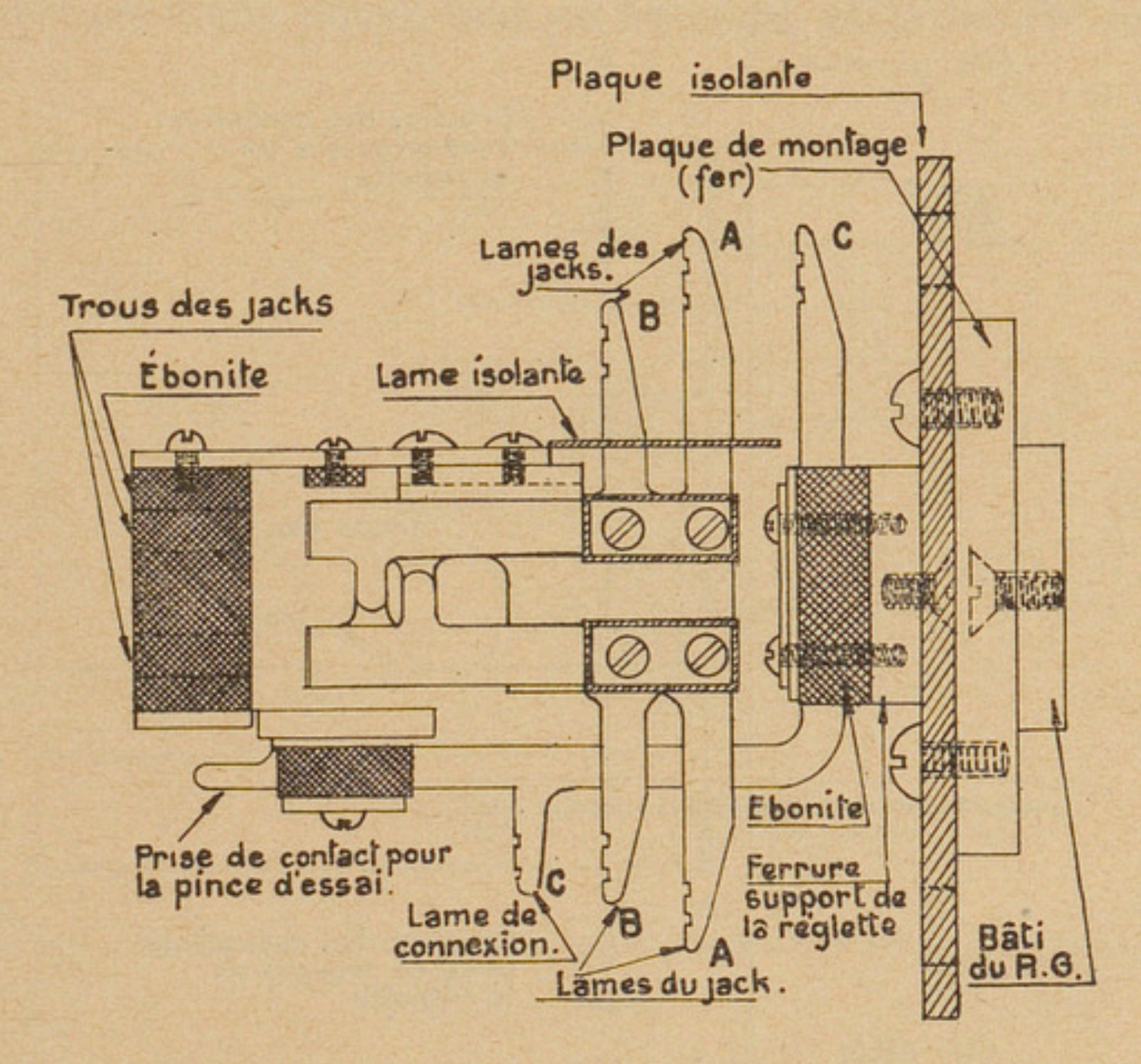


Fig. 1. — Coupe d'une réglette d'attache n° 3076-D pour lignes d'abonné.

établie sur des imprimés spéciaux indique la place occupée par les lignes d'abonnés sur les têtes de câbles du nouveau bureau. Il s'agit maintenant de raccorder ces lignes, au moyen de fils jarretières ignifugés, sur les réglettes horizontales du répartiteur. Il est évidemment très intéressant de s'arranger pour passer et souder d'une façon complète ces jarretières avant le transfert, de manière à réduire au minimum les opérations qui doivent être effectuées au dernier moment. A cet égard, l'usage des réglettes horizontales à jacks de coupure sur les répartiteurs des bureaux automatiques rend les plus grands services. On sait que ces réglettes (fig. 1 et 2)

sont principalement destinées à faciliter les essais des lignes d'abonnés. Il suffit, en effet, d'introduire une fiche spéciale (fig. 3) dans les jacks d'une ligne d'abonné pour pouvoir en renvoyer séparément le côté intérieur et le côté extérieur et par suite pour exécuter sur cette ligne tous les essais désirables. De plus, un simple bouchon isolant suffit à couper la continuité de la ligne. Au cours de la préparation du transfert, non seulement la ligne pourra être

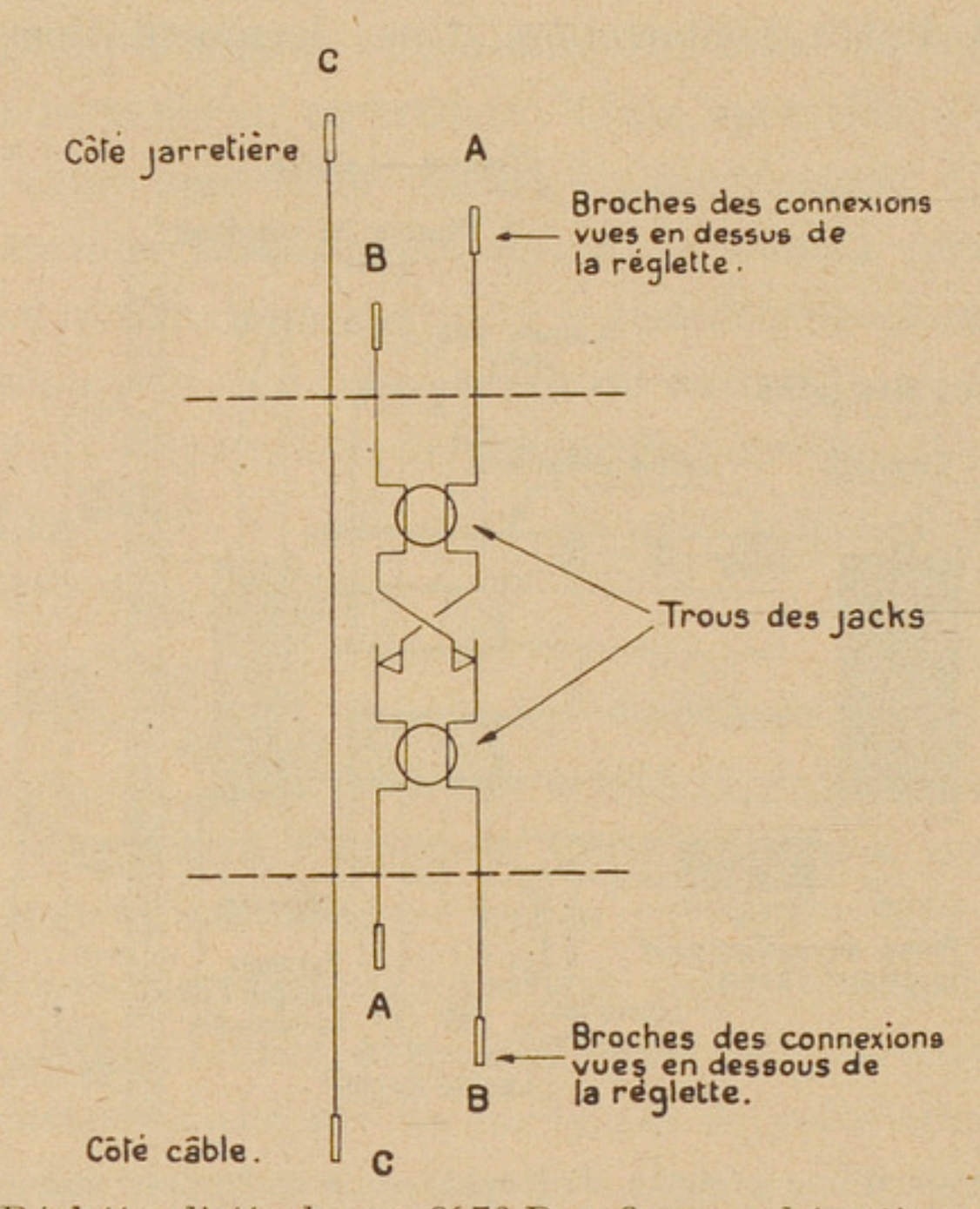


Fig. 2. — Réglette d'attache n° 3076-D : figure schématique montrant le fonctionnement des ressorts d'un jack.

construite intégralement sur le répartiteur du bureau automatique, mais les organes de protection pourront être placés sur les têtes verticales de ce répartiteur, pourvu que la continuité de la ligne soit coupée au moyen des bouchons dans les réglettes horizontales.

Les bouchons employés (fig. 4) sont des bouchons en bois suffisamment dur (buis) pour résister sans écrasement à la forte pression des ressorts ; ils sont soigneusement calibrés, de manière à assurer une coupure certaine, tout en permettant le retrait facile.

Au moment du transfert, il suffira de retirer les bouchons pour établir la liaison des lignes d'abonnés sur le nouveau bureau.

La construction des lignes d'abonnés sur le nouveau bureau se fait en plusieurs temps :

1. *Pose des bouchons.* — Tous les bouchons à utiliser sont d'abord essayés, au point de vue de leur calibrage, dans les jacks du répartiteur général où ils doivent être placés. Chaque bouchon doit pouvoir être engagé à fond à la main et être retiré de même sans le secours d'une pince, tout en assurant parfaitement la cou-

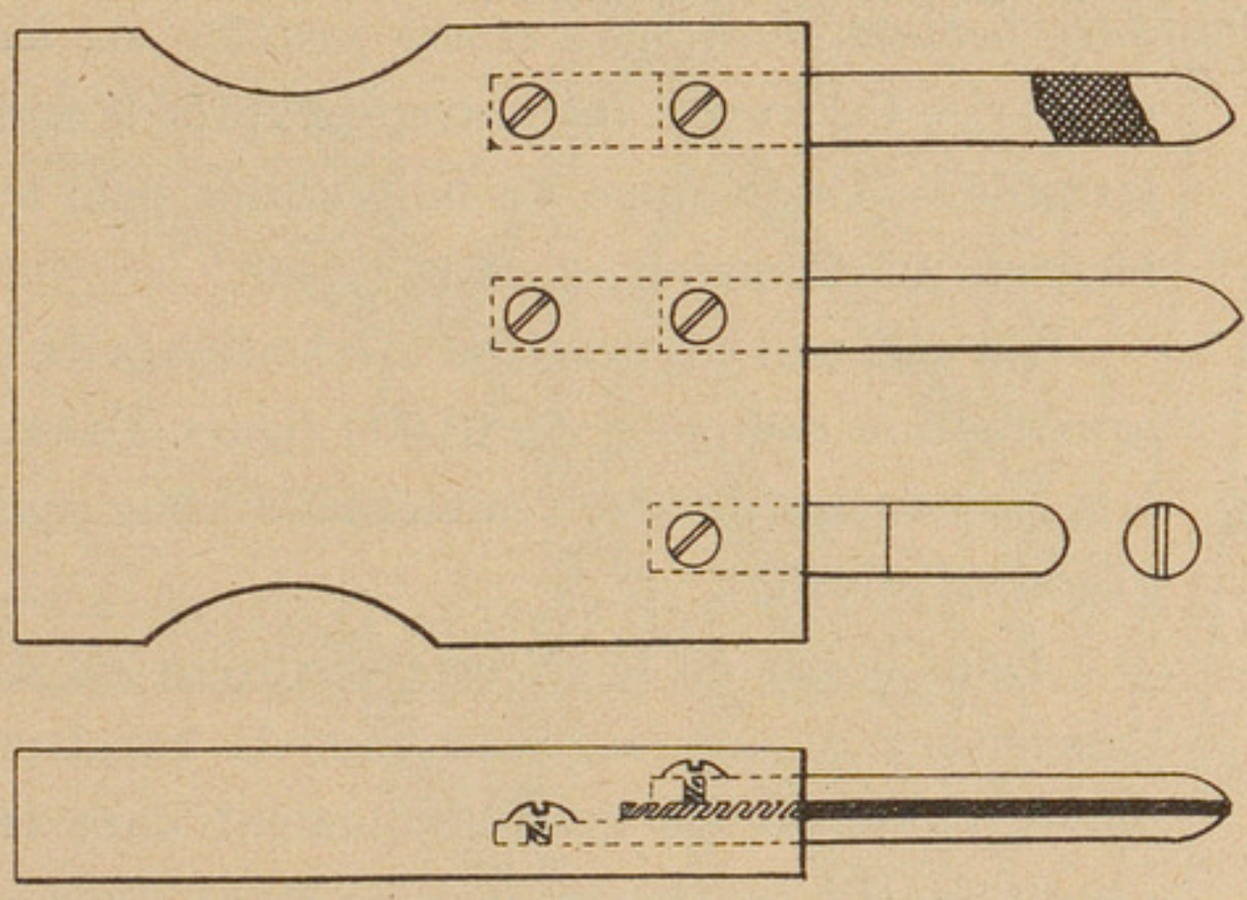


Fig. 3. — Fiche d'essai n° 3025-A pour réglette d'attache 3073-D.

pure des deux fils. Les bouchons ainsi essayés sont ensuite groupés en chapelets de quarante (un chapelet par réglette de vingt lignes) et placés sur les réglettes.

2. *Passage des jarretières.* — Les jarretières sont tirées entre la tête verticale et la réglette horizontale, sans être soudées. Les deux fils de la jarretière restent torsadés ; ils ne sont pas dénudés ; on les maintient à chaque extrémité en les engageant dans les ouvertures des plaquettes isolantes placées tant sur la tête que sur la réglette. Le passage des jarretières est fait, tête verticale par tête verticale, d'après les tableaux dont il a été question ci-dessus. Pour des jarretières d'une longueur moyenne, une équipe de deux hommes peut poser 150 jarretières par journée de

travail. Comme deux équipes peuvent travailler simultanément sans se gêner sur un répartiteur, il faudra, pour un transfert de 10.000 lignes, environ six semaines de travail pour le passage des jarretières.

3. *Soudage des jarretières.* — Dès que les jarretières sont passées, le soudage commence sur les têtes et les réglettes. Un ouvrier peut dénuder et souder 160 fils en moyenne par journée de travail ; six unités travaillant simultanément pourront ainsi souder 10.000 abonnés, à raison de quatre soudures par abonné, en sept semaines environ.

4. *Pose des bobines thermiques et des fusibles sur les têtes de câbles.* — Ce travail est entrepris après le soudage des jarretières. Une équipe de huit unités peut le mener à bien en une semaine environ.

Fig. 4. — Bouchon de bois pour réglette d'attache n° 3078-D.

En utilisant ces procédés méthodiques de travail, la construction complète de 10.000 lignes d'abonnés peut être réalisée en trois mois environ avec une équipe d'une dizaine d'ouvriers.

Dans le cas où le même répartiteur est commun à l'ancien et au nouveau bureau, la construction des lignes d'abonnés est faite absolument dans les mêmes conditions. La face horizontale du répartiteur porte à la fois les réglettes de l'ancien et du nouveau bureau. La mise en Y est faite par les jarretières elles-mêmes : sur une même broche des têtes verticales, sont soudées deux jarretières, dont l'une aboutit sur l'ancienne réglette et l'autre sur la nouvelle. La seule précaution à prendre est de distinguer nettement ces jarretières ; on utilise, à cet effet, un cylindre de carton enfilé sur la nouvelle jarretière.

Depuis le début de la transformation du réseau de Paris en automatique, on a été amené à améliorer grandement le passage des jarretières par l'usage d'anneaux métalliques placés en regard des réglettes horizontales (1). En l'absence de ces anneaux, les

1. Ce perfectionnement ingénieux est dû à M. Billard, vérificateur principal des installations électromécaniques.

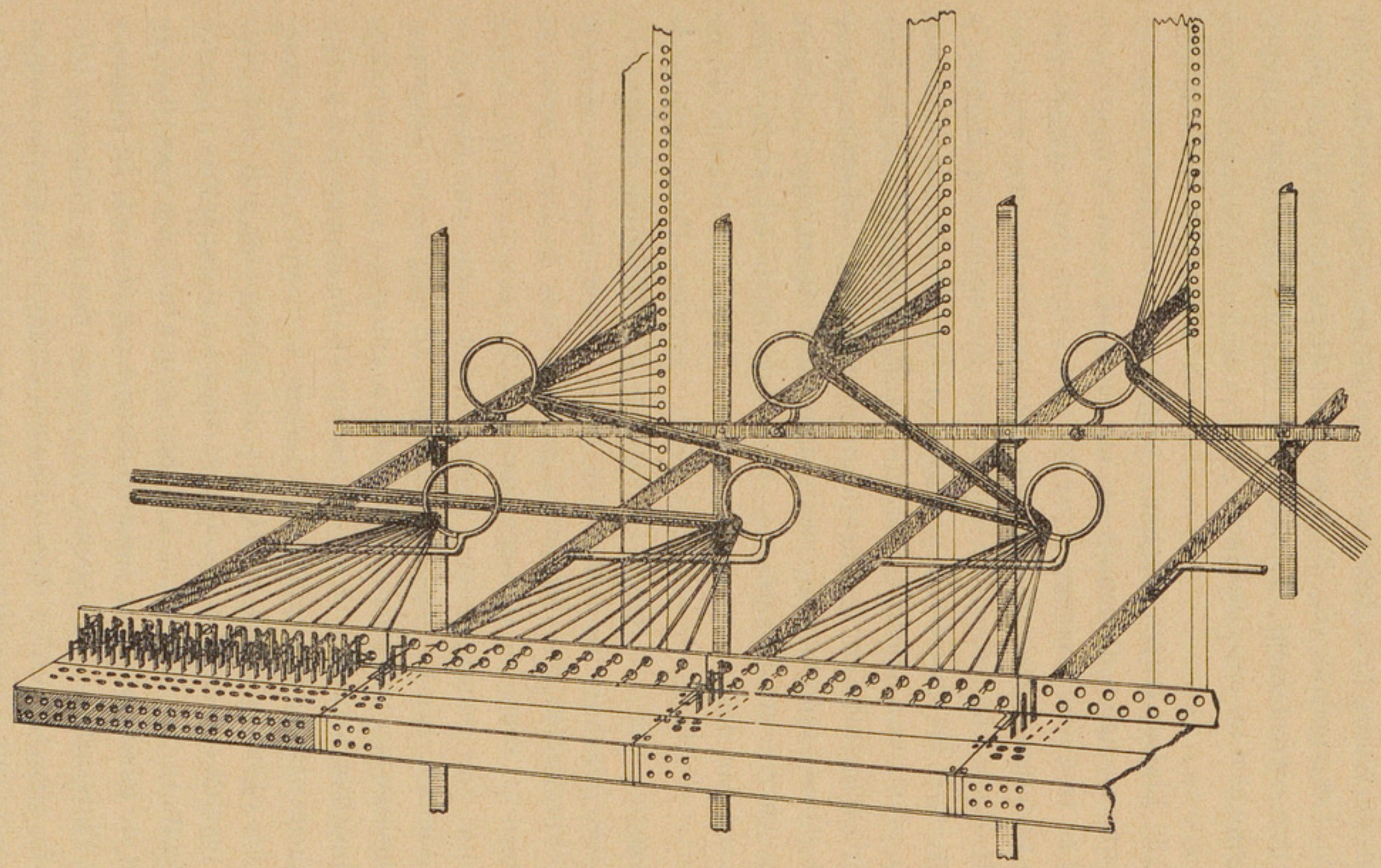


Fig. 5. — Anneaux pour le passage des jarretières.

jarretières s'accumulent du côté des réglettes et s'emmêlent au point de rendre très difficiles les mutations et retraits de jarretières. Les anneaux (fig. 5) permettent de guider les fils et de les répartir correctement, de sorte que le répartiteur reste propre, ordonné et d'un entretien facile.

3° **Liaison entre chercheurs primaires et sélecteurs finals.** — Lorsque les lignes d'abonnés ont été construites sur le répartiteur, elles se trouvent prolongées par les câbles sous tresse aboutissant aux réglettes horizontales jusque sur les broches des sélecteurs finals. Entre les sélecteurs finals, qui desservent les abonnés à l'arrivée, et les chercheurs primaires, qui les desservent au départ, on a prévu une liaison souple, de manière à répartir les abonnés d'après leur trafic sur les chercheurs primaires et à laisser le champ libre à toute mutation ultérieure dans cette répartition. La liaison entre chercheurs primaires et sélecteurs finals est réalisée simplement par des fils jarretières, tirés en haut des bâtis entre les réglettes d'attache de ces deux types d'organes. Pour préparer le passage de ces jarretières, les services d'exploitation établissent, sur des imprimés spéciaux, des listes numériques des abonnés avec l'indication des différentes particularités de leurs lignes, et fournissent tous les renseignements utiles sur le trafic de ces abonnés. Ces renseignements permettent d'établir une répartition des abonnés sur les différents groupes de chercheurs primaires. Le passage des jarretières est réalisé à une date ausi rapprochée que possible de la mise en service du bureau, de manière à éviter les changements qui ne peuvent manquer de se produire dans la situation des abonnés. A cet égard, une des principales difficultés résidait jusqu'à présent dans la construction des abonnés dits à service restreint. On entend par là les abonnés n'ayant pas constitué de dépôt de garantie et par suite ne devant pas être mis en relations avec l'interurbain, le régional, le service des télégrammes téléphonés, etc... Lorsqu'un de ces abonnés demande un service auquel il n'a pas droit, l'enregistreur traducteur, averti par la présence d'un potentiel spécial sur l'un des fils, aiguille la demande sur la table des renseignements. Pour arriver à ce résultat, on reliait jusqu'ici

ces abonnés sur des groupes spéciaux de chercheurs primaires. Or, comme la situation du dépôt de garantie d'un abonné peut varier bien des fois, on était amené à changer fréquemment la constitution de ces abonnés. L'emploi de chercheurs primaires à cinq balais permet désormais de desservir sur le même groupe de chercheurs primaires des abonnés à service libre et des abonnés à service restreint. Une simple pince métallique placée sur certaines broches d'une ligne d'abonné assure le passage de cette ligne d'une catégorie dans l'autre.

Bien entendu, les procédés de construction indiqués ci-dessus s'appliquent aux lignes mixtes ordinaires. Il y a lieu de prévoir des procédés particuliers pour les lignes spécialisées A, B, ou interurbaines, pour les lignes groupées (dont la première et la dernière comportent une résistance sur le troisième fil) et pour les lignes résiliées, suspendues, transférées, qui sont construites sur des chercheurs spéciaux destinés à renvoyer sur la table des renseignements les appels arrivant sur ces lignes.

4° **Construction des lignes auxiliaires.** — La préparation d'un transfert comporte également la construction des lignes auxiliaires destinées à assurer la liaison du nouveau bureau avec les autres bureaux du réseau. Dans les premiers transferts, le nouveau bureau était entièrement doté de lignes auxiliaires neuves, qui, par suite, pouvaient être reliées d'une façon complète dans les deux bureaux de départ et d'arrivée ainsi qu'éventuellement dans les bureaux de transit. Cette solution n'est certainement pas économique, et l'on s'est attaché par la suite à réutiliser, au moins en partie, le réseau auxiliaire de l'ancien bureau, ainsi que dans les bureaux correspondants les organes primitivement affectés à ce bureau. Mais alors il devient désormais impossible de construire à l'avance les lignes auxiliaires d'une façon complète.

A titre d'exemple, la figure 6 représente la réutilisation d'une ligne auxiliaire destinée à assurer le trafic vers un bureau manuel. La ligne est mise en Y entre le nouveau répartiteur du bureau automatique à ouvrir et l'ancien répartiteur du bureau manuel destiné à disparaître. Dans ces conditions, il est évident que la

jarretière peut être passée et soudée au nouveau répartiteur, pourvu que les barrettes ne soient pas mises sur la tête de câbles. Par contre, au bureau manuel d'arrivée où la ligne devra aboutir, après le transfert, non plus sur un groupe B ordinaire, mais sur un groupe B à indicateur d'appels, la nouvelle jarretière (marquée d'un rond sur la figure 6) ne peut être soudée à ses deux extrémités. Il faudra donc la souder au moment du transfert et couper au contraire la jarretière marquée d'une croix. Dans le cas où l'ancien et le nouveau bureau ont un répartiteur commun, il est impossible de souder la nouvelle jarretière sur ce répartiteur, et par suite ce travail est éga-

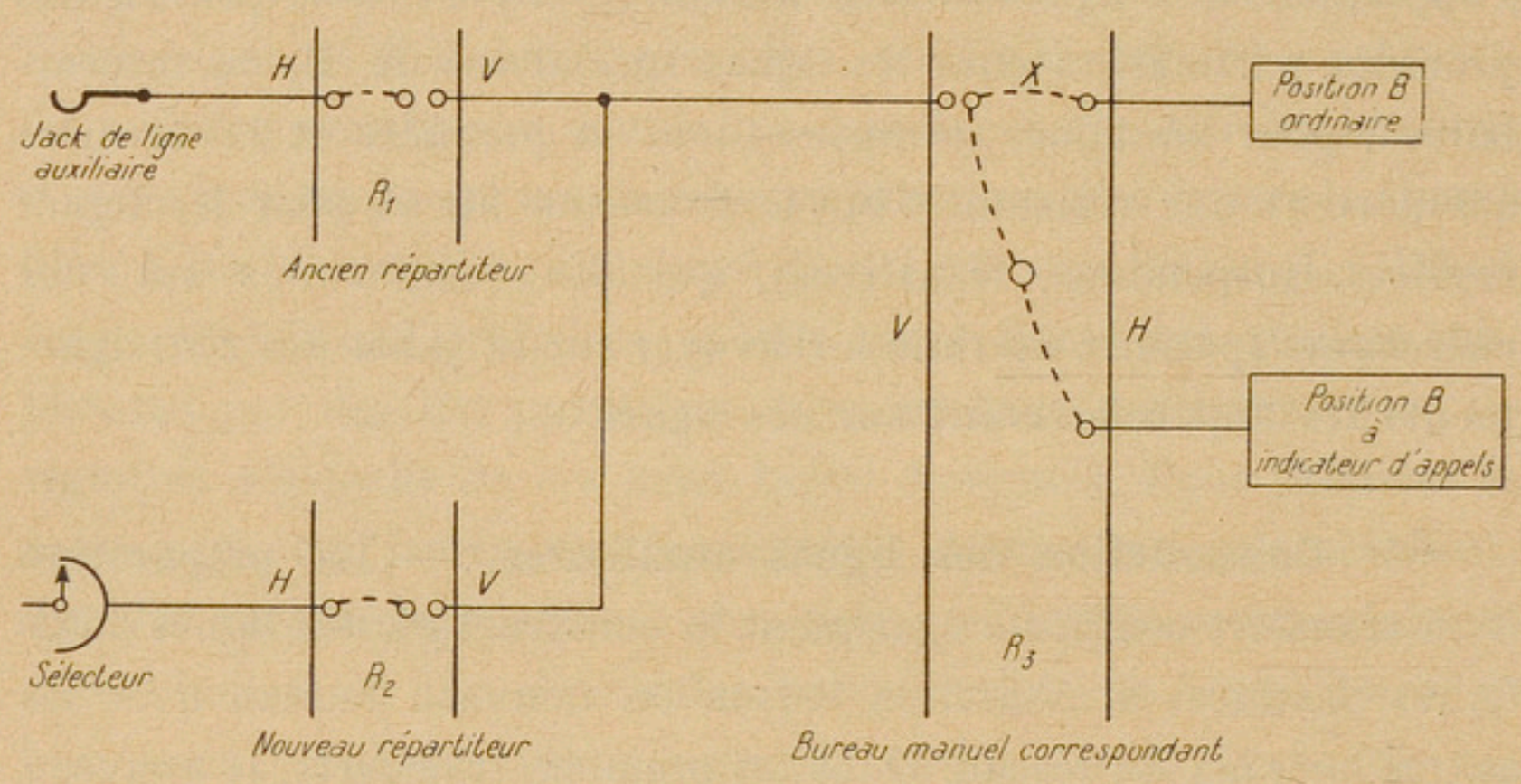


Fig. 6. — Exemple de réutilisation d'une ligne auxiliaire.

lement réservé pour le moment du transfert. On ne dispose plus, en effet, dans ce cas, d'une barrette distincte pouvant servir de point de coupure sur la dérivation vers le bureau automatique.

5° Travaux dans les autres bureaux du réseau. — Enfin la préparation d'un transfert s'accompagne de travaux importants dans tous les bureaux du réseau, en dehors du passage des jarretières dans les répartiteurs de ces bureaux, travail que nous avons mentionné ci-dessus. Ces travaux concernent l'affectation des organes qui serviront à la liaison avec le nouveau bureau : groupes d'arrivée à indicateurs d'appels, jacks et chercheurs de sélection directe dans les bureaux manuels, sélecteurs entrants et niveaux des sé-

lecteurs sortants dans les bureaux automatiques. Le câblage de ces différents organes est, suivant le cas, entièrement exécuté à l'avance ou seulement préparé. De même, dans les bureaux automatiques, une modification doit être apportée dans le câblage des traducteurs. En effet, dès l'ouverture du nouveau bureau, les appels à destination de ce bureau caractérisés par l'envoi du préfixe correspondant devront être acheminés d'une façon nouvelle, et par suite ce préfixe devra provoquer dans l'enregistreur une nouvelle traduction, Même si le nouveau bureau remplace purement et simplement au bureau manuel existant et si les appels continuent à emprunter les mêmes niveaux de sélecteurs sortants, il est néanmoins indispensable de modifier le câblage des traducteurs, les conditions de fonctionnement de l'enregistreur n'étant pas les mêmes pour un appel destiné à un bureau automatique que pour un appel destiné à un bureau manuel. Ces changements de câblage peuvent seulement être amorcés à l'avance ; ils ne sont réalisés complètement qu'à la dernière minute.

II. Essais préliminaires a la mise en service.

Il s'agit uniquement des essais intéressant le transfert proprement dit, c'est-à-dire des essais de lignes d'abonnés et de lignes auxiliaires, et non de la vérification de l'installation automatique, dont la description sort du cadre de cet article. Ces essais peuvent être rangés dans les catégories suivantes :

1° Essais extérieurs des lignes et des installations d'abonnés. — Ils sont effectués à partir des têtes verticales du nouveau bureau et par suite intéressent le nouveau tronçon de ligne assurant la dérivation sur ce bureau, la partie commune de la ligne d'abonné ainsi que l'installation même de l'abonné, installation qui vient d'être adaptée pour l'automatique. La dérivation de la ligne vers l'ancien bureau peut être une source de dérangements, destinés à disparaître au moment du transfert, lorsque cette dérivation sera coupée. Mais, quand un dérangement est constaté, il est facile de le localiser dans l'une ou l'autre branche de l'Y.

Les essais extérieurs débutent en même temps que les travaux de passage des jarretières au répartiteur, car il importe de les répéter le plus souvent possible avant la mise en service. Il suffit, pour les entreprendre, que le raccordement des lignes à essayer soit réalisé sur le côté vertical du répartiteur et que les installations d'abonnés correspondantes soient transformées. Ces essais ne sont pas faits sur les tables d'essais du nouveau bureau, dont l'installation n'est souvent pas terminée au moment de leur début, mais sur des tables d'essais volantes affectées aux équipes de transfert et qui sont transportées d'un bureau à l'autre. L'équipement de ces tables (fig. 7) comporte un circuit d'essais du type courant, un contrôleur de vitesse pour les cadrans et un indicateur lumineux pour le contrôle des impulsions.

La ligne à essayer est renvoyée par pince à partir de la tête verticale ou par monocorde de renvoi à partir des jacks généraux du bureau manuel à transférer. L'opératrice chargée des essais effectue d'abord les essais habituels de continuité et d'isolement ; puis elle sonne l'abonné, essaye la vitesse de son cadran au moyen du contrôleur de vitesse, ainsi que l'envoi correct des impulsions au moyen de l'indicateur lumineux. Ce dernier comporte simplement des commutateurs pas à pas, qui reçoivent les différents trains d'impulsions et provoquent l'allumage de lampes sur un tableau lumineux.

L'opératrice profite de cet essai pour parfaire l'instruction de l'abonné lorsqu'il s'agit d'un secteur à transformer en automatique. L'abonné a déjà reçu la visite d'un contrôleur, qui lui a indiqué la manœuvre du cadran et lui a laissé une notice explicative. L'essai au moyen de l'indicateur lumineux permet de vérifier s'il est à même d'appliquer les indications de cette notice. Chaque opératrice préposée aux essais extérieurs peut traiter en moyenne 100 lignes d'abonnés par jour ; deux opératrices travaillant simultanément peuvent donc essayer les 10.000 abonnés d'un bureau en 10 semaines. En tenant compte des lignes en dérangement, dont l'essai doit être repris, on arrive à un total de 11 semaines environ pour le premier essai de et 7 semaines seulement pour le deuxième, sensiblement plus court.

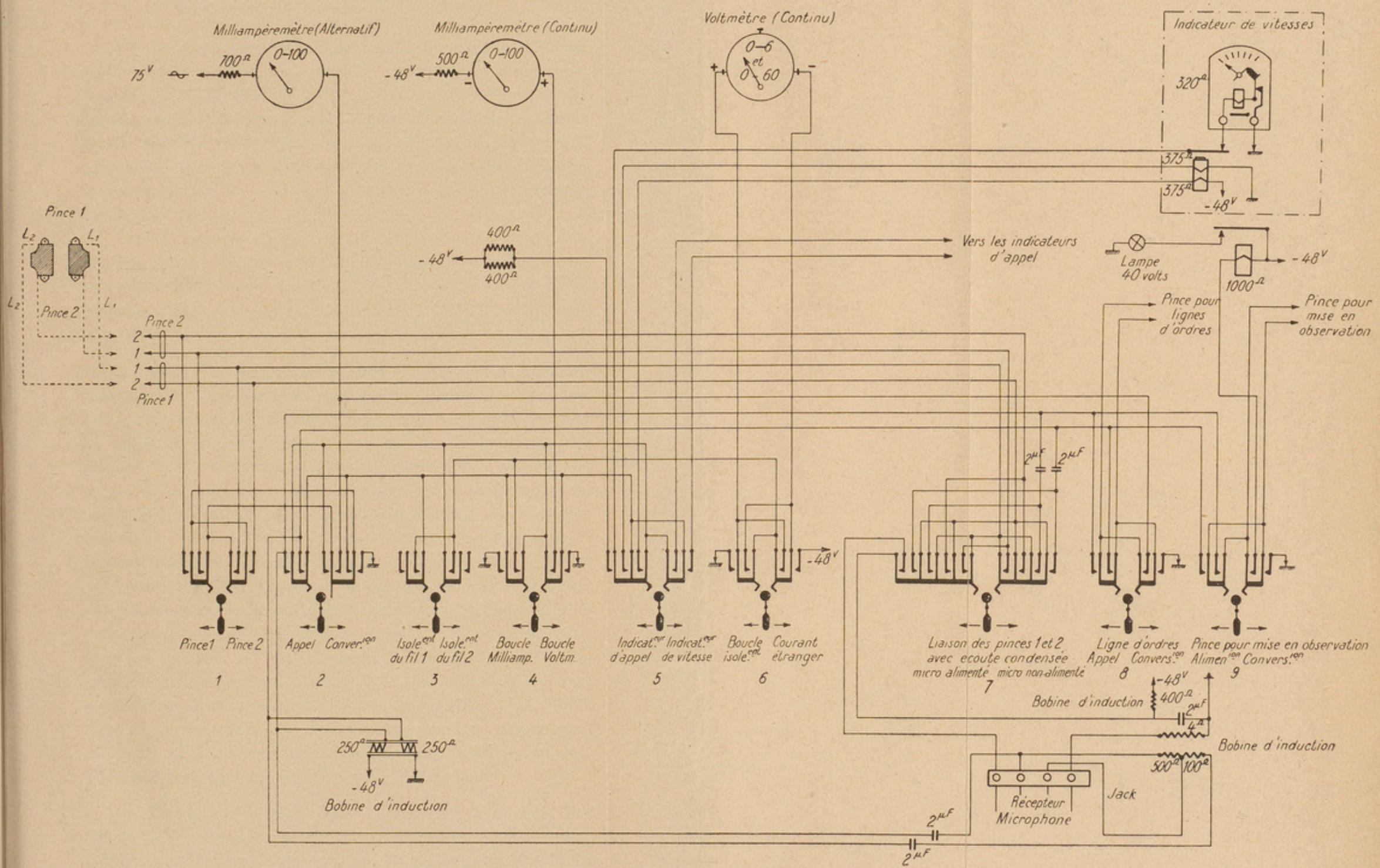


Fig. 7. — Schéma d'un poste d'essayeuse des lignes et postes d'abonné.

TZSAH
RSAIS

Les essais extérieurs, qui ont été répétés au moins deux fois sur les tables volantes, sont repris un mois environ avant le transfert, cette fois sur les tables d'essais du bureau et par le personnel même qui sera chargé d'assurer après le transfert le service de ces tables. Cette méthode a l'avantage de vérifier le fonctionnement correct, en exploitation normale, des tables d'essais, et d'autre part d'exercer le personnel dans les conditions même où il travaillera couramment par la suite.

Les dérangements trouvés au cours des essais extérieurs sont localisés et relevés dans les mêmes conditions que dans un bureau en exploitation normale. Le nombre de rapports ainsi établis au cours du premier essai varie entre 25 et 40 % du nombre des lignes essayées.

2° Essais de concordance entre l'ancien et le nouveau répartiteur. — Ces essais ont pour but de vérifier la construction correcte des jarretières nouvelles. Avant tout essai, on relève, sur les réglettes horizontales du répartiteur de l'automatique, les numéros des broches non pourvues de jarretières. Une collation de cette liste permet de s'assurer qu'il n'y a eu ni erreur ni omission. Les essais de concordance sont effectués d'une manière très simple par deux aides-mécaniciens, travaillant l'un dans le nouveau bureau et l'autre dans l'ancien. Pour essayer la concordance d'une ligne déterminée, le premier vérificateur se porte, avec un monocorde alimenté, sur le jack de cette ligne dans le multiplage des abonnés au bureau manuel ; le deuxième se porte, avec un combiné, sur le jack de la même ligne à la réglette horizontale du répartiteur général de l'automatique. Si les deux vérificateurs peuvent entrer ainsi en communication, c'est que la ligne a été construite d'une façon correcte. Une équipe ainsi constituée peut essayer 1000 lignes par journée de travail, soit 2 semaines environ pour un bureau de 10.000 lignes.

3° Essais intérieurs des lignes d'abonnés. — Ils ont pour but de vérifier que les lignes d'abonnés ont été construites correctement entre les chercheurs primaires et les sélecteurs finals. Ils comportent plusieurs parties :

a) *Vérification de la construction sur les chercheurs primaires.* — Un vérificateur placé devant le groupe intermédiaire enfiche successivement, au moyen d'un poste téléphonique donnant 1000 ohms de boucle au décrochage, les jacks de toutes les lignes d'abonnés du bureau. Il vérifie la réception du signal de manœuvre. Un second vérificateur, en liaison par ligne d'ordres avec le premier, se porte successivement sur les différentes baies de chercheurs primaires et s'assure que le chercheur emprunté par l'appel s'arrête bien sur l'azimuth affecté en principe à la ligne enfichée.

b) *Essais des troisièmes fils.* — Les différentes catégories d'abonnés sont caractérisées par l'équipement de leur troisième fil. Un essai au milliampèremètre, fait à partir du groupe intermédiaire, permet de vérifier si les troisièmes fils donnent une déviation normale.

c) *Essai des abonnés à plusieurs lignes groupées.* — Une série de $n + 1$ appels est envoyée sur chaque groupe de n lignes sous le numéro de la première ; les n premiers doivent donner lieu à conversation sur des postes enfichés dans les jacks correspondants du groupe intermédiaire ; le $(n + 1)^e$ doit donner l'occupation.

d) *Essai d'appel de toutes les lignes du bureau et essai de conversation sur toutes ces lignes.*

4° Essais extérieurs des lignes auxiliaires entre bureaux. — C'est un essai de continuité, d'isolement et d'orientation des lignes auxiliaires entre les répartiteurs des deux bureaux extrêmes. L'orientation des lignes auxiliaires doit être vérifiée tout particulièrement : elle joue, en effet, un rôle essentiel dans le fonctionnement des bureaux Rotary.

5° Essais de fonctionnement du bureau automatique en liaison avec les autres bureaux du réseau. — Ces essais consistent simplement à faire passer des appels entre le nouveau bureau et les différents autres bureaux du réseau.

Pour que les essais soient concluants, les appels devront emprunter successivement ou simultanément toutes les lignes auxiliaires, ainsi que tous les organes automatiques ou manuels qui les

prolongent dans les deux bureaux à relier. Dans le cas où l'on a pu affecter au bureau à ouvrir des lignes auxiliaires neuves et où ces lignes aboutissent dans les bureaux correspondants à des organes disponibles, les essais sont rendus particulièrement simples. Ils deviennent plus délicats en cas de réutilisation des lignes auxiliaires ou des organes. Les lignes auxiliaires ou organes à essayer doivent être retirés du trafic et recevoir provisoirement leur nouvelle affectation. Bien entendu, pour ne pas gêner l'écoulement du trafic, les liaisons anciennes ne peuvent être coupées qu'une par une. Etudions, à titre d'exemple, comment l'essai pourra être effectué dans le cas de la figure 6. Les barrettes d'une ligne auxiliaire à essayer seront enlevées sur les répartiteurs R_1 et R_3, de façon à retirer du trafic la liaison correspondante. Sur le répartiteur R_2, les barrettes seront placées, prolongeant les broches du sélecteur jusqu'au répartiteur du bureau d'arrivée. Sur ce dernier, la liaison sera complétée par un cordon souple terminé par des pinces, et l'essai pourra avoir lieu normalement.

L'ordre chrononologique et la durée moyenne des différents essais décrits ci-dessus sont indiqués schématiquement sur le tableau d'ensemble de la figure 8. Lorsque ces essais sont terminés et s'ils ont donné entière satisfaction, le bureau est prêt à être mis en service.

III. Transfert.

Choix de l'heure et du jour. — Nous avons vu plus haut que la mise en service d'un bureau a lieu, en principe, à 21^h30, c'est-à-dire à une heure où le trafic des abonnés est devenu suffisamment faible pour qu'ils puissent, sans inconvénient, être interrompus pendant une demi-heure au maximum.

Le jour choisi pour les transferts est toujours le samedi. Les raisons de ce choix sont les suivantes. Nous avons vu ci-dessus qu'un certain nombre des opérations préparatoires au transfert ne peuvent être qu'amorcées à l'avance : c'est le cas de la liaison des lignes auxiliaires et organes réutilisés ; c'est le cas également du câblage des traducteurs. Or, dès le samedi à midi, le trafic baisse à tel point qu'une partie importante des organes et des jonctions

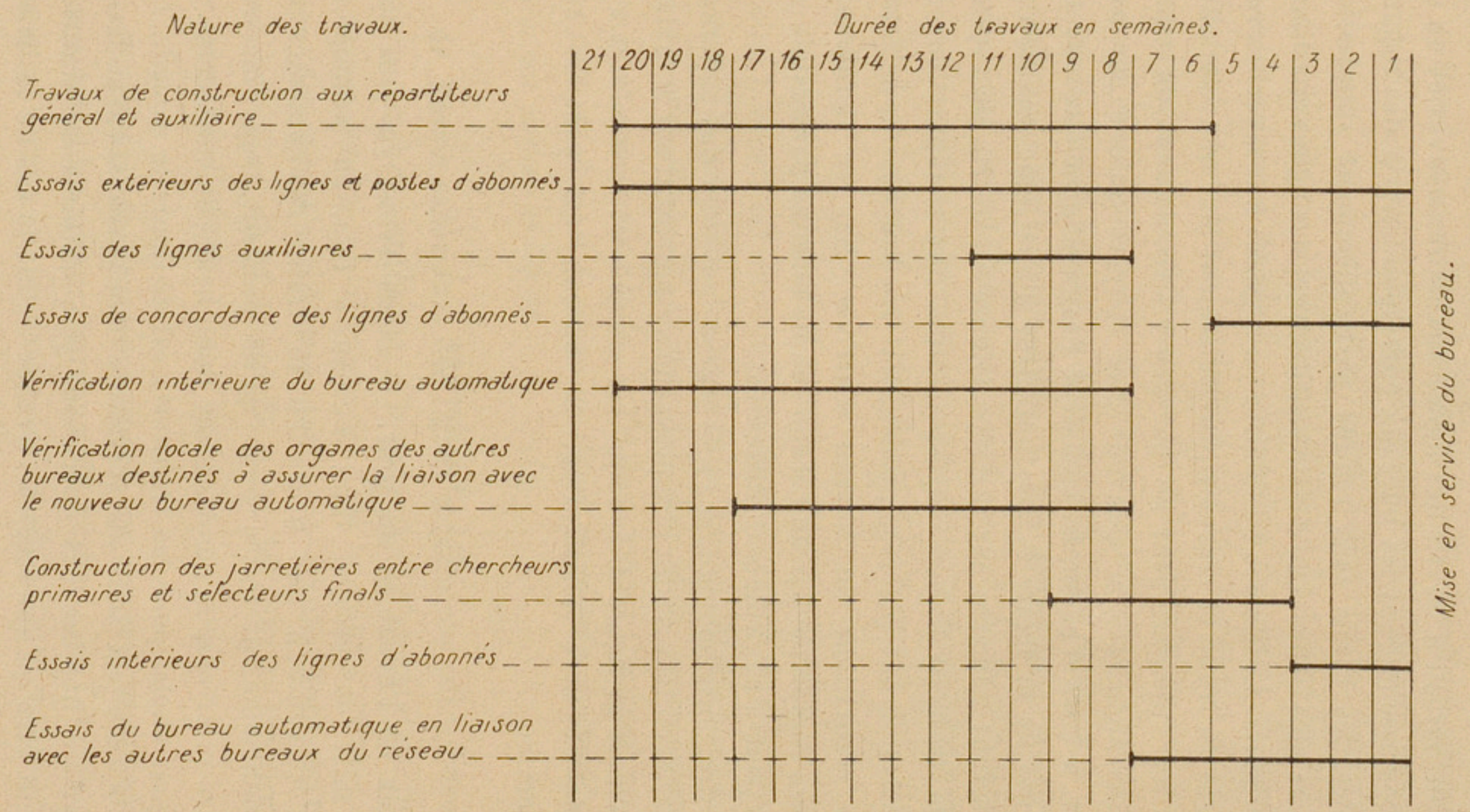


Fig. 8. — Programme type des travaux préliminaires à l'ouverture d'un bureau automatique.

utilisés pour l'écoulement de ce trafic peut être retiré du service. Donc le samedi après midi, la moitié, par exemple, des organes à réutiliser pourra perdre son ancienne affectation pour être reliée d'une façon définitive, cette fois, sur le nouveau bureau. De même dans les autres bureaux automatiques, la moitié des enregistreurs traducteurs pourra être retirée du service et câblée pour assurer la nouvelle traduction. De la sorte, au moment de sa mise en service, le nouveau bureau disposera déjà d'organes adaptés au nouveau service, en nombre largement suffisant pour écouler le trafic un samedi à 21h30. A partir du transfert, on disposera encore de la nuit du samedi au dimanche et de toute la journée du dimanche, pendant lesquelles le trafic reste très bas, pour transformer ou relier définitivement les organes ou jonctions non encore adaptés. De même cette journée creuse du dimanche sera précieuse pour relever les dérangements constatés dès les opérations de transfert. Le lundi matin, à la reprise du trafic, ces dérangements auront pu être déblayés et d'autre part le nouveau bureau sera doté de la totalité de ses moyens d'action. Du reste, l'expérience a démontré que le choix du samedi soir pour les mises en service est particulièrement favorable. Certains préconisent plutôt le vendredi soir, de façon que la courte reprise de trafic du samedi matin permette de déceler, sans plus attendre, de nombreux dérangements. Mais, dans le cas du réseau de Paris, l'importance des travaux à réaliser dans l'après-midi qui précède la mise en service impose à peu près absolument le choix du samedi soir.

La mise en service elle-même d'un bureau va évidemment comporter deux phases, qui sont : la coupure des liaisons avec l'ancien bureau et l'établissement des liaisons sur le nouveau. Il convient d'ajouter à ces deux phases principales les travaux de moindre importance à exécuter dans les bureaux correspondants pour assurer leur liaison avec le nouveau bureau.

2° Coupure des lignes d'abonnés dans l'ancien bureau. — La méthode choisie pour séparer les lignes d'abonnés de leur ancien bureau d'attache a toujours été, jusqu'à présent, la coupure au répartiteur général d'entrée.

Les procédés employés pour cette coupure varient évidemment avec le type du bureau et la catégorie du transfert. Dans la plupart des transferts actuellement effectués, l'ancien bureau est un bureau manuel dont les abonnés passent en totalité ou en partie sur un bureau automatique. Cependant le développement du réseau exige déjà la mise en service de bureaux d'extension dans des circonscriptions entièrement automatiques ; dans ce cas l'ancien bureau est également un bureau automatique.

a) *Coupure des abonnés d'un bureau manuel.* — Les abonnés à transférer, lorsqu'ils constituent seulement une fraction des abonnés du bureau, peuvent soit appartenir à un secteur géographique déterminé, soit au contraire être groupés par numéros. Dans la première hypothèse, ils aboutissent généralement sur des têtes de câbles réunis dans une même partie du répartiteur ; dans la seconde, ils sont groupés sur les mêmes réglettes horizontales. Il est rationnel, en vue de rassembler le personnel et de simplifier sa tâche, de couper les abonnés sur les têtes verticales dans le premier cas et sur les réglettes horizontales dans le deuxième.

Sur les têtes, les abonnés peuvent être coupés soit par enlèvement des organes de protection, soit par coupures des fils jarretières. La première méthode a l'avantage de réaliser une coupure certaine, alors que la deuxième peut entraîner des faux appels, par suite de contacts accidentels des fils coupés entre eux ou avec les ferrures du répartiteur ; aussi, chaque fois que le type des têtes, variable suivant les bureaux, se prête à un enlèvement rapide des fusibles, cette méthode est-elle adoptée de préférence ; c'est ainsi que les fusibles dits à couteaux peuvent être extraits avec une grande rapidité : les fusibles d'une même tête sont au préalable réunis par une ficelle, qu'il suffit de tirer au moment du transfert pour réaliser d'un seul coup l'enlèvement de ces fusibles. Au contraire, sur les têtes A.O.I.P., les fusibles ne peuvent être enlevés rapidement, tout au moins sans risquer d'en endommager gravement les ressorts de fixation ; dans ce cas, on a recours à la coupure des jarretières. Avant le transfert, les jarretières à couper sont tirées au moyen d'un crochet, de façon à former une boucle saillante dans laquelle on pourra engager facilement la

pince ou les ciseaux. Une ficelle est passée à l'intérieur de ces boucles ; les deux extrémités de cette ficelle sont

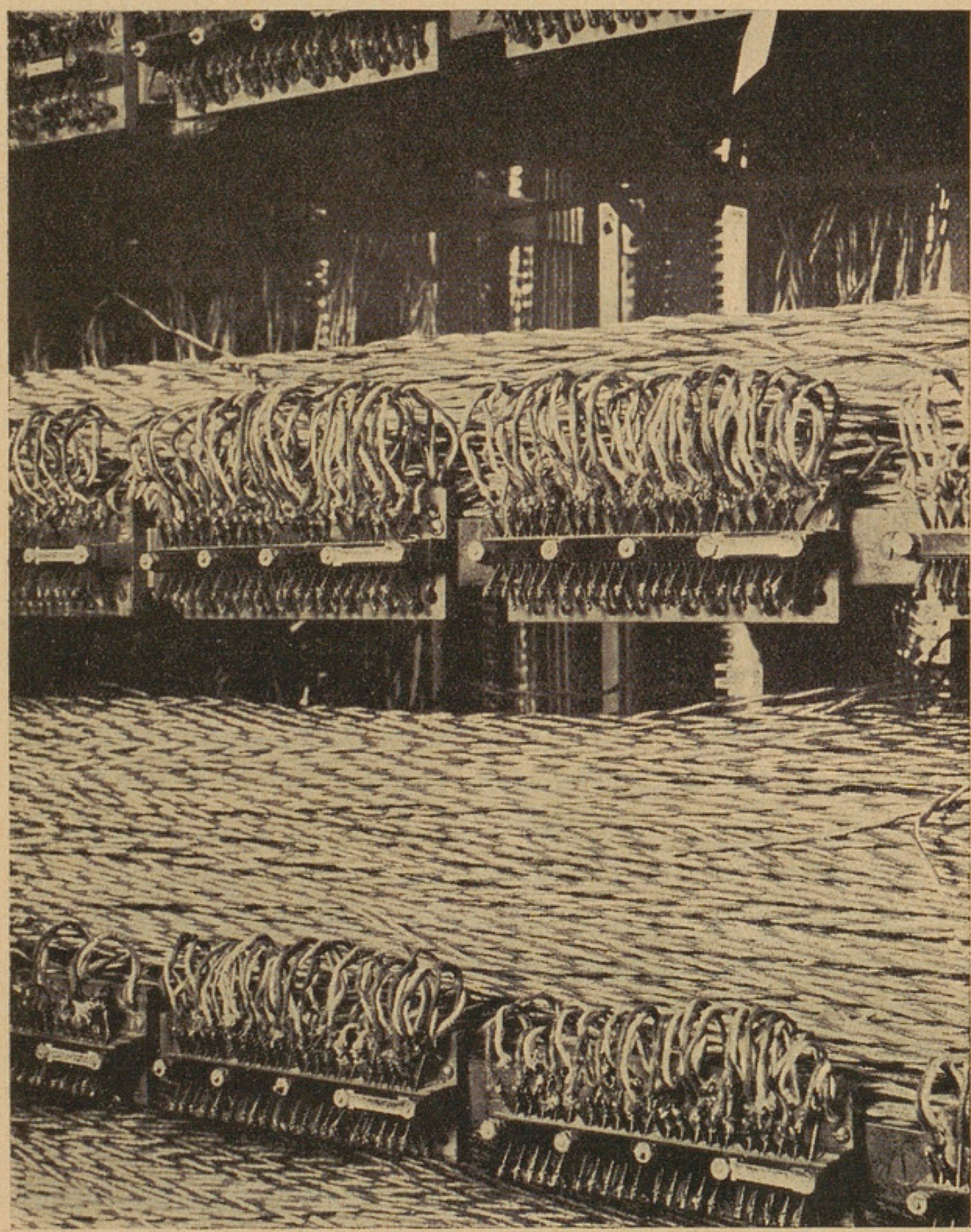


Fig. 9. — Jarretières de l'ancien bureau préparées pour la coupure.

nouées ensemble, de façon à réunir un certain nombre de jarretières, Si, sur une tête déterminée, certaines lignes ne doivent pas être coupées, les jarretières correspondantes ne sont pas tirées et elles sont laissées en dehors de la ficelle. Au moment du

transfert, la personne chargée de la coupure sur une tête déterminée saisit la ficelle d'une main et les ciseaux de l'autre. En tirant sur la ficelle, elle amène vers elle toutes les jarretières à couper, qui lui sont clairement désignées par leur boucle saillante et par la présence de la ficelle. Lorsqu'un paquet de jarretières est entièrement coupé, la ficelle correspondante doit pouvoir être retirée, et c'est une preuve certaine qu'aucune jarretière n'a été oubliée. Dans tous les cas, la coupure des jarretières sur les têtes de câble doit nécessairement être suivie de l'enlèvement des fusibles correspondants ; ceux-ci peuvent être enlevés après le transfert avec toute la lenteur désirable ; on supprime ainsi toute cause de faux appel.

La coupure sur les réglettes horizontales est adoptée, avons-nous dit, dans le cas où les abonnés à transférer sont groupés par numéros. On la choisit également lorsque tous les abonnés d'un bureau doivent être transférés en bloc. D'après les arguments précédents, l'une ou l'autre des deux méthodes pourrait être employée indifféremment dans cette hypothèse. Mais l'expérience montre que la coupure est plus facile du côté horizontal. La préparation du transfert est faite dans les conditions suivantes. Les jarretières à couper sont tirées au moyen d'un crochet, de façon à former une boucle saillante au dessus de la réglette (fig. 9). Le procédé de la ficelle décrit ci-dessus est employé également si certaines jarretières doivent être épargnées. Les lignes à transférer par priorité sont repérées au moyen d'étiquettes de couleur attachées sur les jarretières correspondantes. Un échafaudage est installé devant le côté horizontal du répartiteur et à mi-hauteur des réglettes. Au moment du transfert, l'équipe chargée de la coupure se place devant le répartiteur, en partie sur l'échafaudage pour la coupure des réglettes supérieures et en partie au dessous pour la coupure des réglettes inférieures. Le personnel de cette équipe comporte le nombre maximum d'ouvriers susceptibles de travailler sans se gêner mutuellement. On peut ainsi placer facilement un homme tous les mètres, c'est-à-dire toutes les cinq travées du répartiteur. Dans le cas d'un bureau de 10.000 lignes, qui comporte une cinquantaine de travées, on arrive à un total d'une vingtaine d'hommes (dix sur l'échafaudage et dix au dessous), chacun d'eux ayant à couper 500 abonnés au plus.

Pour la coupure des jarretières, les ouvriers sont dotés de ciseaux ou de cisailles spéciales, des types représentés sur la figure 10; ces instruments se sont révélés, à l'usage, très supérieurs aux pinces coupantes : avec cet outillage, un ouvrier peut couper 500 abonnée en dix à quinze minutes environ, sauf toutefois dans le cas des jarretières du type américain, dont l'âme est en acier et de ce fait beaucoup plus dure. La figure 11 montre un ouvrier en train de couper des jarretières au moyen de ciseaux (transfert du bureau « Elysées »).

Les opérations se déroulent dans l'ordre suivant : à un signal donné, les ouvriers coupent d'abord les abonnés à transférer par priorité, qui leur sont signalés par des étiquettes. Aussitôt après,

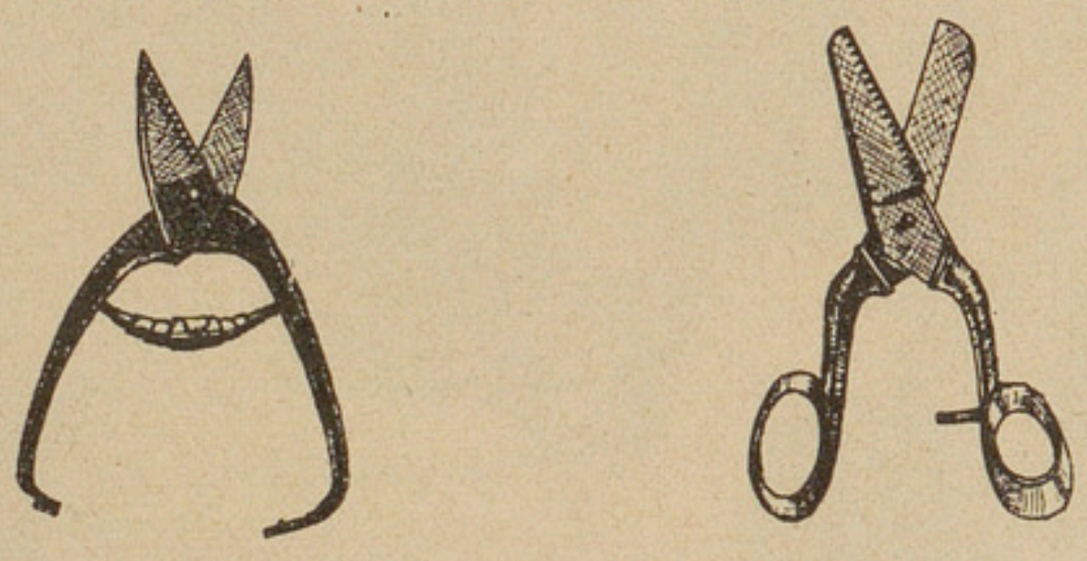


Fig. 10. — Instruments utilisés pour la coupure des jarretières.

sans attendre d'autre signal, ils continuent à couper les autres jarretières. Dès qu'une réglette est entièrement coupée, les jarretières sont soigneusement rabattues au dessus et au dessous, pour éviter tout contact accidentel. A la fin de la coupure, les ouvriers se transportent sur la face verticale, où ils enlèvent les fusibles qui, en cas de transfert partiel, ont été repérés par des traits de couleur. Dans le cas, signalé plus haut, où les réglettes du manuel et les réglettes de l'automatique se trouvent sur le même répartiteur et sont mises en Y par jarretières sur les mêmes têtes verticales, il n'est pas question, évidemment, de retirer les fusibles ; mais les jarretières sont ensuite coupées sur la tête au ras des broches. Cette coupure, indispensable pour éviter les faux appels, peut être faite très lentement et très soigneusement.

b) *Coupure des abonnés d'un bureau automatique.* — Cette

opération est grandement facilitée, quel que soit le type du transfert par la présence des réglettes horizontales à jacks de coupure : il suffit de boucher les jacks correspondant aux abonnés à transférer. L'après-midi qui précède le transfert, des bouchons sont introduits dans ces jacks, que l'on a repérés à l'avance par des traits de peinture ; mais ils ne sont pas enfoncés à fond, de manière que la rupture

Fig. 11. — Coupure des jarretières au bureau manuel « Elysées ».

ne se produise pas. Les ouvriers chargés du transfert reçoivent une petite planchette munie d'un manche, avec laquelle ils peuvent enfoncer par pression une dizaine de bouchons à la fois. Avec cet outillage, un ouvrier non exercé peut enfoncer en cinq minutes les bouchons correspondant à un millier d'abonnés (50 réglettes). Par la suite, les fusibles et même les jarretières peuvent être retirées; mais cette opération ne présente plus aucun caractère d'urgence, les bouchons assurant une coupure absolument satisfaisante.

c) *Coupure des lignes auxiliaires.* — Lorsqu'on doit réutiliser les lignes auxiliaires de l'ancien bureau, la coupure des liaisons comporte évidemment aussi celle des lignes auxiliaires. Mais, ainsi que nous l'avons vu plus haut, le transfert de ces lignes auxiliaires est amorcé à l'avance, de façon à donner au nouveau bureau un nombre de liaisons suffisant pour assurer son trafic à l'ouverture. La coupure des lignes auxiliaires restantes peut donc être effectuée aussi lentement qu'on le désire, et il est inutile d'étudier des procédés spéciaux pour cette coupure, qui est obtenue, suivant les cas, par enlèvement des barrettes ou par coupure des jarretières.

DIVISÉE POSTAL

3° Etablissement des lignes d'abonnés sur le nouveau bureau. — On a vu ci-dessus comment les lignes d'abonnés sont construites sur le nouveau bureau, où leur continuité est interrompue seulement aux ressorts des réglettes horizontales. Il suffit donc, pour relier les lignes d'abonnés sur le nouveau bureau, d'enlever les bouchons isolants enfoncés dans les jacks de ces réglettes. Au cours des premiers transferts, divers procédés ont été essayés pour l'enlèvement rapide des bouchons : on a employé successivement des pinces et des lames de diverses formes. Mais ces procédés sont assez lents, on ne peut en augmenter la rapidité qu'en négligeant certaines précautions et les bouchons sont assez fréquemment cassés dans les jacks ; de plus, on ne peut imposer au personnel de recueillir les bouchons qui se répandent sur le sol pendant le transfert.

Le procédé actuellement employé est très simple et donne toute satisfaction : il consiste à utiliser des bouchons dont la tête est percée d'un trou. De solides ficelles sont enfilées dans ces trous, et l'on réunit ainsi en chapelet les quarante bouchons correspondant à une réglette de vingt lignes. A leurs extrémités, les ficelles se terminent par des tirettes, qui serviront à l'enlèvement des bouchons. Les chapelets de bouchons sont préparés à l'avance et servent à boucher les réglettes pendant la construction des lignes d'abonnés sur le nouveau répartiteur (fig. 12). Au moment du transfert, le personnel chargé du débouchage se place devant la face horizontale du répartiteur ; un échafaudage analogue à celui que

nous avons employé pour la coupure sur l'ancien répartiteur permet d'accéder aux réglettes supérieures. La figure 13 représente le per-

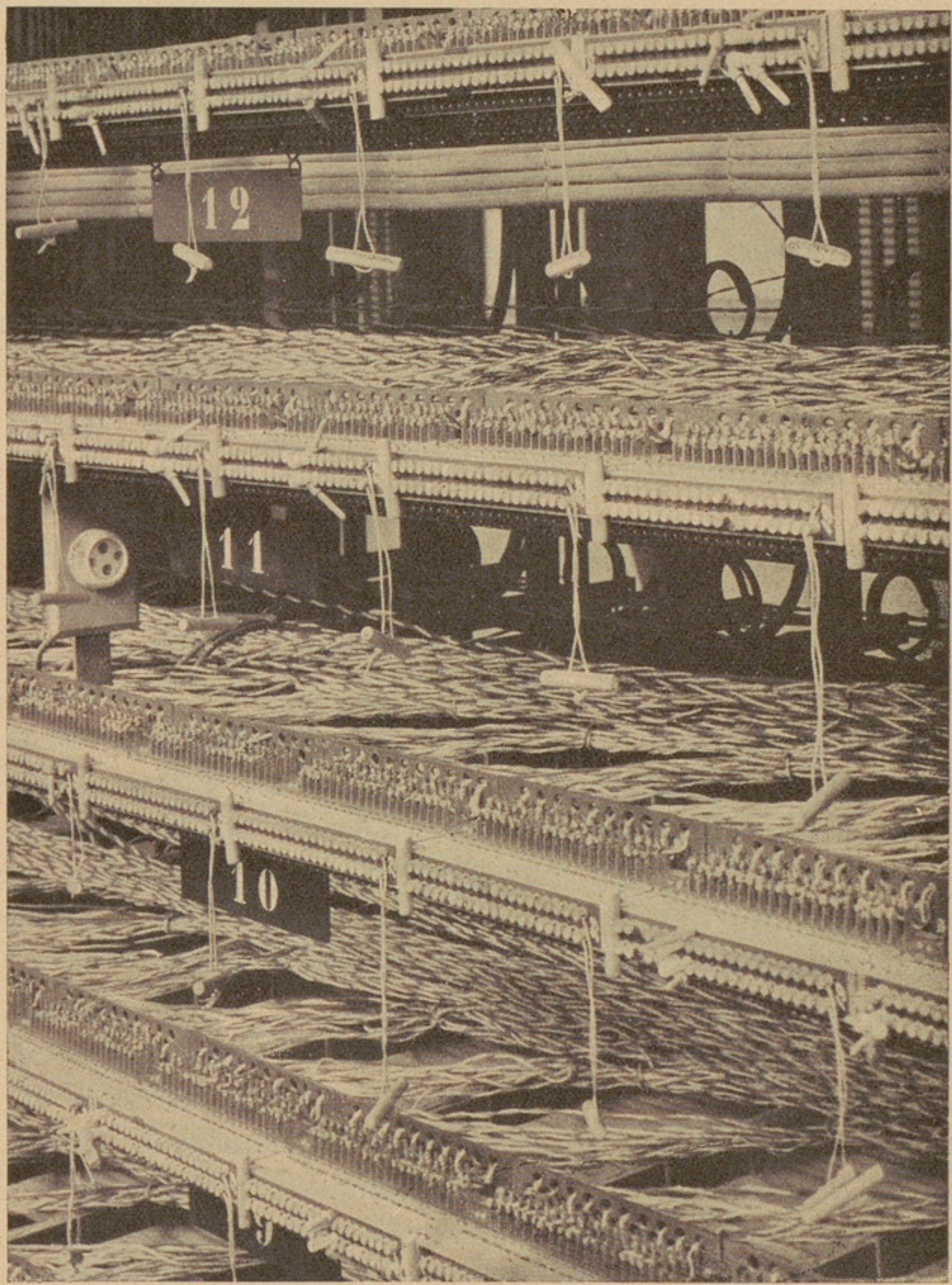


Fig. 12. — Réglettes horizontales du bureau automatique avant le transfert.

sonnel chargé du débouchage au bureau « Elysées » attendant le signal pour procéder à l'enlèvement des bouchons.

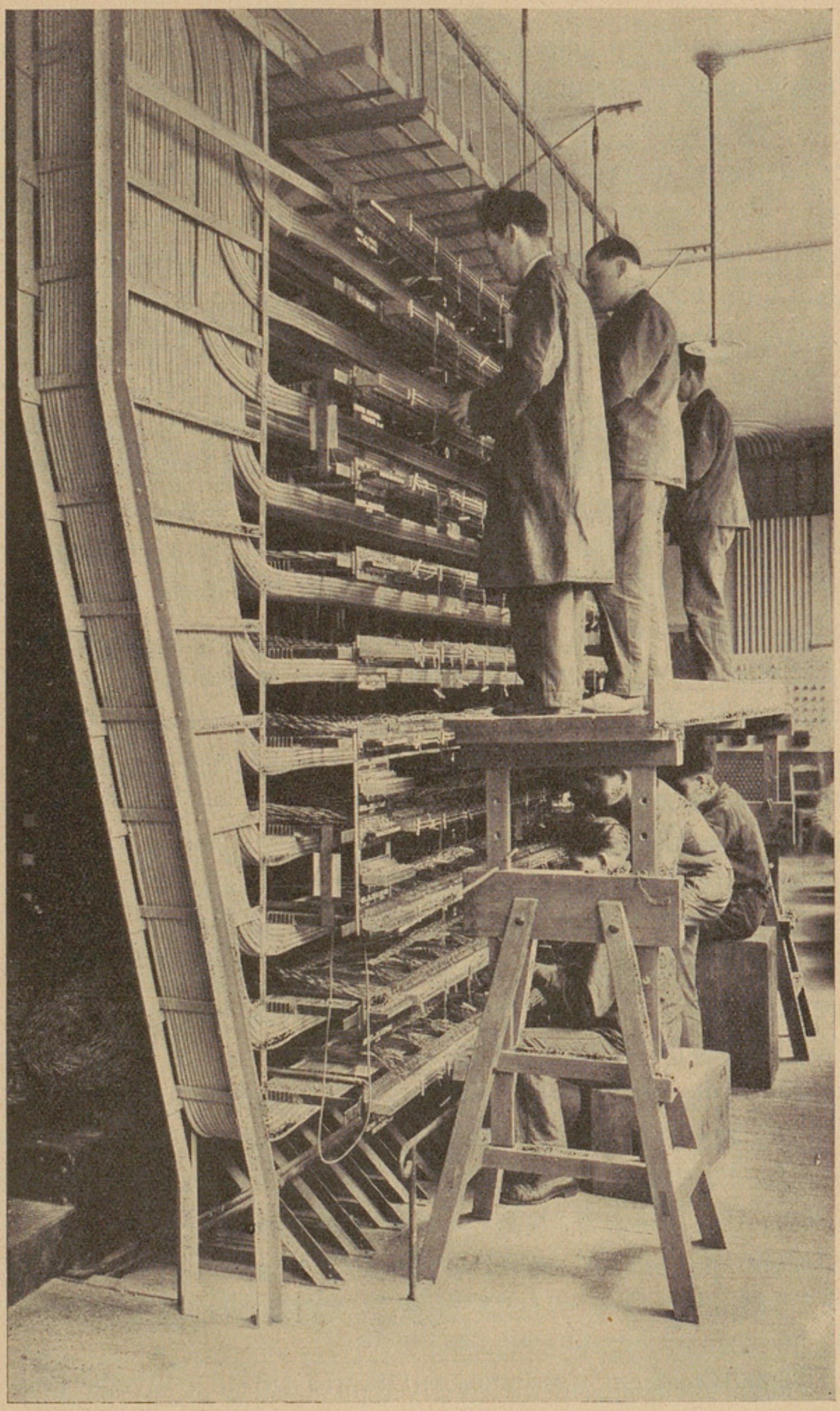


Fig. 13. — Equipe chargée de l'enlèvement des bouchons.

Lorsque la coupure est achevée à l'ancien bureau, le débouchage commence. Pour déboucher une réglette, il suffit de saisir les deux tirettes correspondantes, de tendre la ficelle en agissant sur ces tirettes et de faire sauter d'un seul coup sec le chapelet de bouchons. Cette opération est très rapide. En cinq minutes, un ouvrier peut facilement déboucher 50 réglettes, soit 1000 abonnés. En prévoyant un ouvrier par groupe de 1000 abonnés, soit 10 hommes pour un bureau de 10.000 lignes, on voit que la durée du débouchage ne doit pas excéder 5 minutes. La durée de la coupure à l'ancien bureau étant de l'ordre de 10 minutes, le transfert d'un bureau normal doit pouvoir être entièrement achevé en 15 minutes environ.

Cette opération du débouchage doit s'accompagner de quelques précautions. Parmi les lignes transférées, un certain nombre sont affectées de dérangements le jour du transfert ; il est inutile de les mettre en service immédiatement sur le bureau automatique. A cet effet, quelques heures avant le transfert, les lignes en dérangement sont signalées à partir du bureau manuel. Les bouchons correspondant à ces lignes sont enlevés sur les réglettes de l'automatique ; ces bouchons restent naturellement suspendus par l'intermédiaire de la ficelle, qui présente un mou suffisant pour permettre cette opération. Les bouchons enlevés sont remplacés par d'autres, colorés en vert pour éviter toute confusion, et qui ne sont évidemment pas engagés dans la ficelle. Au moment du transfert, lorsqu'on tire sur les chapelets de bouchons, les bouchons verts restent engagés dans les jacks.

La même précaution doit être prise pour les abonnés à transférer par priorité. Les bouchons normaux de ces abonnés sont enlevés également et remplacés par des bouchons blancs à tête saillante (fig. 12), qui attirent facilement l'attention du personnel chargé du débouchage. Lorsque les abonnés à transférer par priorité ont été coupés à l'ancien bureau, les bouchons saillants sont enlevés à la main ou au besoin avec des pinces.

L'établissement des lignes auxiliaires sur le nouveau bureau s'effectue en partie avant le transfert et en partie après, sans précaution spéciale, soit par soudage des jarretières, soit par introduction des barrettes.

4° Travaux effectués dans les autres bureaux. — Dans tous les autres bureaux du réseau, à partir de l'heure choisie pour le début des opérations de transfert, il faut réaliser la mise en service des organes destinés à fonctionner en liaison avec le nouveau bureau. Nous n'insisterons pas sur ces travaux, qui ne relèvent d'aucune technique particulière. Dans les bureaux automatiques, les traducteurs préparés à l'avance comme il a été dit plus haut sont mis en service, tandis que les autres traducteurs non encore transformés sont retirés du service. Ils seront adaptés pendant la journée du dimanche, de façon que, dès le lundi matin, tous les enregistreurs du bureau soient rendus au service normal.

IV. Opérations après le transfert.

1° Recherche des faux appels. — Un transfert, si bien préparé soit-il, s'accompagne toujours d'un nombre relativement élevé de faux appels. Lorsqu'un abonné passe d'un bureau manuel sur un bureau automatique, l'alimentation de sa ligne passe de 24 à 48 volts. Cette augmentation de la tension d'alimentation suffit à faire apparaître certains défauts de la ligne ou de l'installation et par suite à causer certains faux appels. Ces faux appels, de caractère permanent, peuvent être réduits à un nombre très faible si les essais préliminaires à la mise en service ont été exécutés avec tout le soin désirable. Mais, en dehors de ces faux appels permanents, on constate l'apparition fugitive de faux appels dus aux opérations de transfert elles-mêmes. La coupure des jarretières à l'ancien bureau produit toujours de faux appels pour des causes diverses (jarretières oubliées, contacts des jarretières entre elles ou avec le bâti du répartiteur, etc...). Ces faux appels disparaissent lorsque les fusibles ont été enlevées ; mais, au moment même du transfert, ils apparaissent en grand nombre. On a constaté, par exemple, au cours de l'ouverture du bureau « Gobelins », un afflux de faux appels pouvant être évalué à 500. Ces faux appels étaient provoqués en grande majorité par la coupure des jarretières au bureau manuel, coupure exécutée dans des conditions particulièrement ingrates sur un répartiteur ancien et en mauvais état. Quelques

heures après le transfert, il ne restait plus qu'une centaine de faux appels, dus véritablement à des dérangements extérieurs.

On pourrait évidemment attendre que ces faux appels eussent disparu d'eux-mêmes. Mais leur arrivée massive provoque dans le bureau une perturbation gênante en encombrant les circuits de faux appels et même les circuits de connexion lorsque les circuits de faux appels sont tous occupés, en provoquant un allumage prolongé de toutes les lampes de faux appels. Il est donc souhaitable de se débarrasser rapidement de ces faux appels. Or les procédés normaux de recherche des faux appels sont assez lents. On sait que, dans les

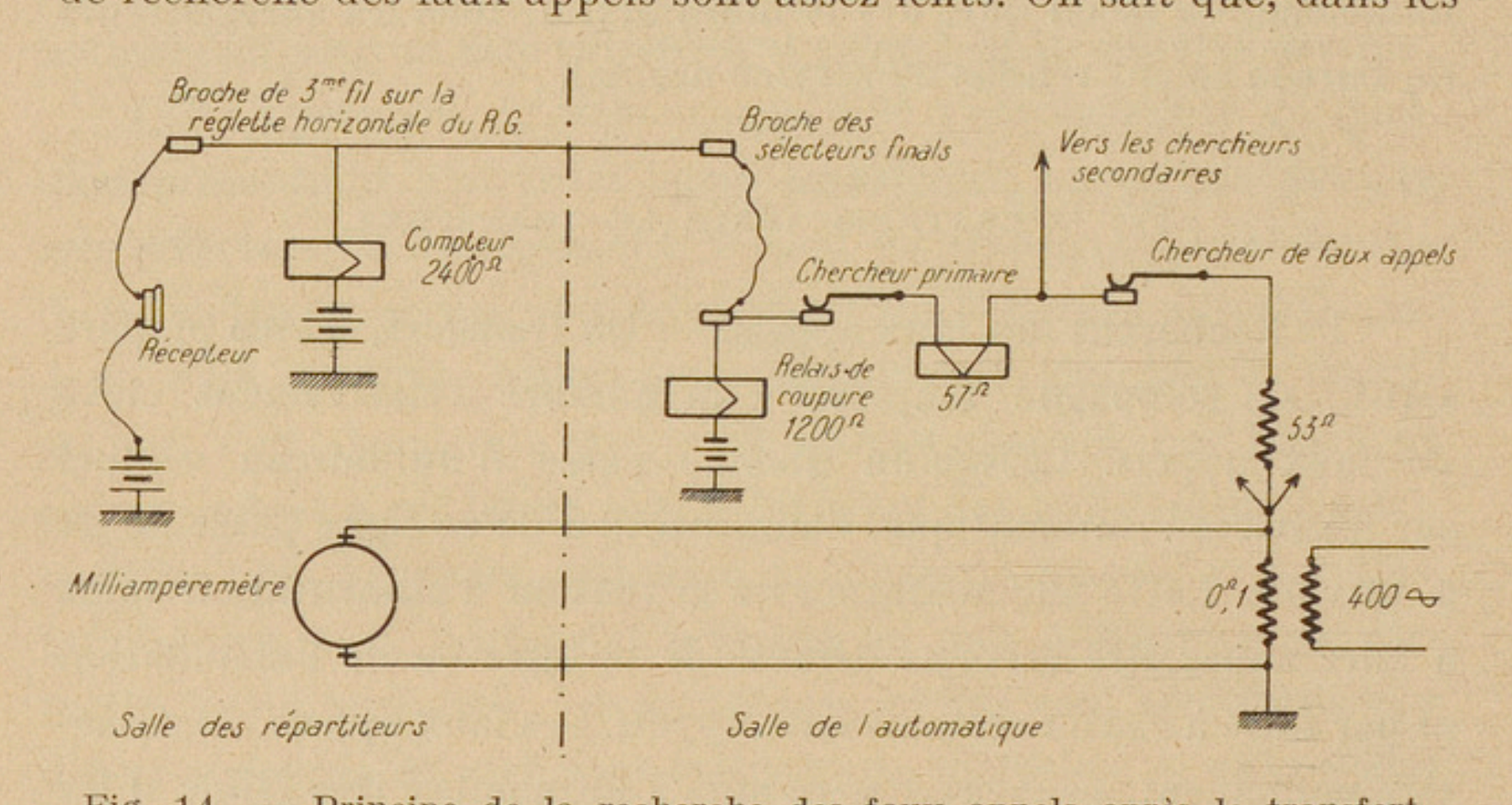


Fig. 14. — Principe de la recherche des faux appels après le transfert.

bureaux Rotary, lorsqu'un faux appel se présente, le circuit de connexion et l'enregistreur qui avaient d'abord été pris sont libérés par un contacteur à temps ; la ligne en faux appel est prolongée par un chercheur primaire et un chercheur de faux appels sur un circuit de faux appel, représenté par une lampe et un jack sur une position spéciale. Connaissant par l'allumage de cette lampe le numéro du circuit intéressé, il suffit de se reporter sur le chercheur de faux appels correspondant ; ce chercheur est arrêté dans un azimuth qui indique le chercheur primaire intéressé et ce dernier enfin indique, par la position de ses balais, le numéro de la ligne en faux appel. En temps normal, dans un réseau comme celui de Paris où l'isolement des lignes d'abonnés est excellent, il est inutile d'avoir recours à des procédés plus perfectionnés pour la

recherche des faux appels, qui sont toujours très peu nombreux. Nous avons donc mis au point une méthode de recherche rapide des faux appels utilisée seulement au moment du transfert. Le principe de cette méthode est le suivant : le circuit de faux appels met à la terre les troisièmes fils des lignes en faux appels par l'intermédiaire du secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par un courant alternatif de 400 périodes ; en testant le troisième fil des lignes en faux appels, on entend donc une tonalité à 400 périodes ; c'est un moyen de reconnaître rapidement les lignes en faux appel (fig. 14).

Ce test est fait par le personnel qui a été précédemment chargé du débouchage. Ce personnel est doté de casques avec récepteur de 2000 ohms. L'une des extrémités de l'enroulement du récepteur est mise à la batterie par l'intermédiaire de prises de courant disposées tout le long du répartiteur et visibles sur la figure 12 ; l'autre extrémité est reliée à une pointe métallique qui permet de tester les broches de troisième fil sur les réglettes horizontales du répartiteur. Dès qu'un vérificateur a terminé l'enlèvement des bouchons sur les réglettes qui lui sont dévolues, il entreprend la recherche des faux appels sur ces mêmes réglettes et bouche au moyen de bouchons rouges toutes les lignes sur lesquelles il entend la tonalité. Pour suivre à chaque instant les progrès de cette opération, un milliampèremètre a été monté en dérivation sur le secondaire de la bobine de tonalité commune à tous les circuits de faux appels, de sorte que la déviation de cet instrument de mesures est constamment proportionnelle au nombre de faux appels. Ce milliampèremètre est placé dans la salle du répartiteur ; il est gradué empiriquement en faux appels. Tant que sa déviation dépasse une dizaine de faux appels, les vérificateurs continuent à explorer systématiquement les troisièmes fils des réglettes qui leur sont attribuées ; au dessous d'une dizaine de faux appels, la recherche au casque est arrêtée : les faux appels restants seront recherchés par les procédés normaux.

D'après les considérations précédentes, il est vraisemblable que, parmi les lignes bouchées au cours de la recherche au casque, il y en a un grand nombre qui sont affectées de faux appels fugitifs

provoqués par les opérations de transfert. Il est donc indispensable de vérifier de nouveau les lignes bouchées, aussitôt que les fusibles ont été enlevées sur les têtes de l'ancien bureau. Cette vérification est faite au moyen de combinés condensés à bouton de court-circuit, munis d'une prise s'adaptant sur les jacks des réglettes du répartiteur. Pour vérifier une ligne, on enlève les bouchons et on les remplace par la fiche du combiné sans appuyer sur le bouton : si le faux appel persiste, la boucle extérieure provoque immédiatement la prise d'un enregistreur, et par suite le vérificateur perçoit le signal de manœuvre ; si le faux appel a disparu, le vérificateur n'entend rien ; il appuie alors sur le bouton, de façon à mettre en court-circuit le condensateur ; la boucle du combiné provoque alors la prise d'un enregistreur et la perception du signal de manœuvre ; dans ce cas, les bouchons peuvent être enlevés.

2° Constatations diverses. — Une fois terminées les opérations de transfert que nous venons de décrire, il ne reste plus qu'à attendre à l'œuvre le nouveau bureau pour juger si la mise en service a été ou non bien préparée. Bien entendu, cette attente s'accompagne de précautions importantes, destinées à parer à toute éventualité. Il s'agit de surveiller étroitement d'une part le fonctionnement du bureau automatique et d'autre part la situation du réseau extérieur de lignes.

a) *Surveillance du fonctionnement du nouveau bureau.* — Le bureau automatique, au moment de son ouverture, est entretenu par le constructeur, qui prévoit évidemment, pour la période consécutive au transfert, des équipes d'entretien renforcées (de l'ordre de 45 unités pour un bureau de 10.000 lignes). Ce personnel, qui travaille en collaboration étroite avec le personnel de l'administration, doit d'abord s'assurer que le trafic s'écoule normalement à tous les étages de sélection. L'encombrement de certains organes du bureau peut d'ailleurs être dû à des causes passagères, telles que l'inexpérience des abonnés lorsqu'il s'agit d'un secteur nouvellement transformé en automatique. Les abonnés, qui connaissent imparfaitement la manœuvre du cadran, numérotent lentement ou même décrochent sans numéroter, de sorte qu'ils occupent les

enregistreurs pendant un temps très supérieur au temps normal. Or les enregistreurs, qui sont des organes coûteux et compliqués, ont été calculés très strictement ; ils risquent donc d'être en nombre insuffisant pour supporter cette surcharge accidentelle. Un exemple typique, à cet égard, est celui de l'ouverture de « Passy » : ce bureau, équipé à 10.000 lignes, a reçu dès son ouverture plus de 9.000 abonnés ; il dessert un quartier de résidence, par conséquent un quartier dans lequel les communications sont peu nombreuses, mais longues. On lui avait donc attribué un nombre relativement faible d'enregistreurs, qui s'est révélé nettement insuffisant pour faire face aux lenteurs et aux fausses manœuvres des abonnés (le signal de manœuvre se faisait attendre plus d'une minute à l'heure chargée). Pour diminuer cette surcharge accidentelle des enregistreurs et surtout pour en limiter la durée, il est nécessaire d'une part de réduire par tous les moyens le temps d'occupation des enregistreurs et d'autre part d'instruire le plus vite possible les abonnés encore ignorants des manœuvres à effectuer. Lorsqu'un abonné prend un enregistreur sans envoyer d'impulsions, il est normalement renvoyé en faux appel au bout de 30 secondes. Dans la période qui suit la mise en service, ce délai de renvoi est réduit à 15 secondes. De plus, des vérificateurs, munis de combinés alimentés, surveillent les enregistreurs et, dès qu'ils constatent qu'un abonné tarde à manœuvrer, ils interviennent en enfichant le jack d'écoute de l'enregistreur pour renseigner l'abonné.

D'autre part, le service des faux appels est considérablement renforcé. L'unique position qui l'assure en période normale est remplacée par une dizaine de positions volantes qui se répartissent les circuits de faux appels du bureau. Les abonnés qui ignorent l'usage du cadran sont ainsi renseignés très rapidement par les opératrices qui desservent ces positions. De même, les abonnés qui composent par erreur des préfixes inexistants sont aiguillés par les enregistreurs sur des positions spéciales, dites « de faux préfixes », au nombre de 2 ou 3 au moment de la mise en service.

Grâce à ces procédés énergiques, l'instruction des abonnés est achevée très vite : quatre ou cinq jours au plus après le transfert, la surcharge anormale des enregistreurs a disparu.

En dehors de cet encombrement accidentel des enregistreurs, il est nécessaire de surveiller les encombrements qui pourraient se produire d'une façon normale sur des organes ou des jonctions prévus en trop petit nombre. L'observation du trafic, réalisée au moyen des installations perfectionnées dont disposent les bureaux de Paris, l'observation des communications demandées par les abonnés, ainsi que les appels de contrôle effectués à partir de postes d'essais, permettent de suivre de très près la charge des appareils et les possibilités d'écoulement des communications.

b) *Surveillance du réseau extérieur.* — Les précautions à prendre concernent évidemment le service des essais et le service de la relève des dérangements. Les tables d'essais normales du bureau sont renforcées par des tables volantes du type de celles qui ont été utilisées pour les essais préliminaires au transfert. D'autre part, les équipes de monteurs et les équipes d'ouvriers des lignes sont considérablement renforcées. On peut ainsi faire face à un afflux important de dérangements. Il y a lieu de noter du reste que, depuis les perfectionnements apportés aux méthodes de transfert, ces moyens exceptionnels sont utilisés pendant un temps très court : une semaine environ après sa mise en service, le nouveau bureau vit déjà de son existence normale.

INSTALLATION D'INTERCOMMUNICATION MANUELLE PAR BOUTONS DU TYPE DE L'ADMINISTRATION FRANÇAISE,

par G. LETELLIER,
ingénieur des Postes et Télégraphes,

But de l'installation. — Dans les installations téléphoniques d'abonnés comportant environ 5 à 10 postes supplémentaires, l'emploi d'un tableau ordinaire soulève des difficultés dès que le trafic est un peu fort : non seulement les communications avec le réseau (départ et arrivée), mais encore les communications intérieures doivent, en effet, être assurées par l'intermédiaire de l'opérateur du tableau, qui intervient pour l'établissement et la rupture des liaisons ; il y a donc là une perte de temps appréciable, tant pour les usagers que pour l'opérateur du tableau. L'emploi d'un standard à batterie centrale intégrale ne peut se justifier que dans les installations plus importantes, car, si l'échange des communications est rendu plus rapide et plus facile, l'immobilisation d'un opérateur est cependant nécessaire.

Il y avait donc lieu de réaliser un genre d'installation permettant :

1° d'assurer rapidement les communications avec le réseau, tant au départ qu'à l'arrivée, en réduisant le plus possible les interventions de l'opérateur ;

2° d'assurer les communications intérieures sans l'intervention d'aucun opérateur.

L'emploi de tableau à prise directe du réseau répond bien à la première condition, mais nécessite l'intervention d'un opérateur pour l'établissement et la rupture des liaisons intérieures ; il ne peut donc convenir lorsque le trafic intérieur est élevé.

Les deux conditions ci-dessus sont satisfaites par les ins-

tallations dites d'intercommunication manuelle par boutons

La première condition est remplie en faisant passer les lignes de réseau, qui sont (fig. 1) au nombre d'une ou deux, par chacun des postes supplémentaires ; chacun des postes comporte un ou deux boutons, dont l'enclenchement lui permet de se connecter directement sur une ligne de réseau. Les communications de départ du réseau sont donc assurées directement par les intéressés ; quant aux communications d'arrivée, elles sont reçues par un poste quelconque, dit *poste de service*, qui invite le poste supplémentaire demandé à se porter sur la ligne de réseau appelante.

La seconde condition est résolue en utilisant un nombre de lignes intérieures égal au nombre total des postes ; chaque poste est, au repos, relié à une ligne propre qui passe par tous les autres postes de l'installation. Pour appeler un poste déterminé, il suffit de se porter sur sa ligne propre en appuyant sur le bouton correspondant ; les différents boutons permettant à chaque poste de se mettre ainsi directement en relation avec les autres postes de l'installation sont appelés *boutons d'intercommunication*.

Etant donné les grandes facilités d'exploitation qui résultent de l'emploi de ce genre d'installation, l'administration française a adopté un type administratif d'installation d'intercommunication manuelle par boutons, dont nous allons exposer les caractéristiques.

Généralités. — Les mêmes appareils peuvent être utilisés dans les réseaux à batterie locale et dans les réseaux à batterie centrale. Dans un réseau à batterie locale, il suffit d'ajouter, dans la boîte de relais pour lignes de réseau, deux relais supplémentaires pour chaque ligne de réseau.

Deux capacités ont été choisies pour les installations : les appareils sont à

a) un bouton de réseau et six boutons d'intercommunication, soit une capacité pour l'installation de 6 + 1 = 7 postes, puisque chaque poste peut, avec six boutons, appeler six autres postes ;

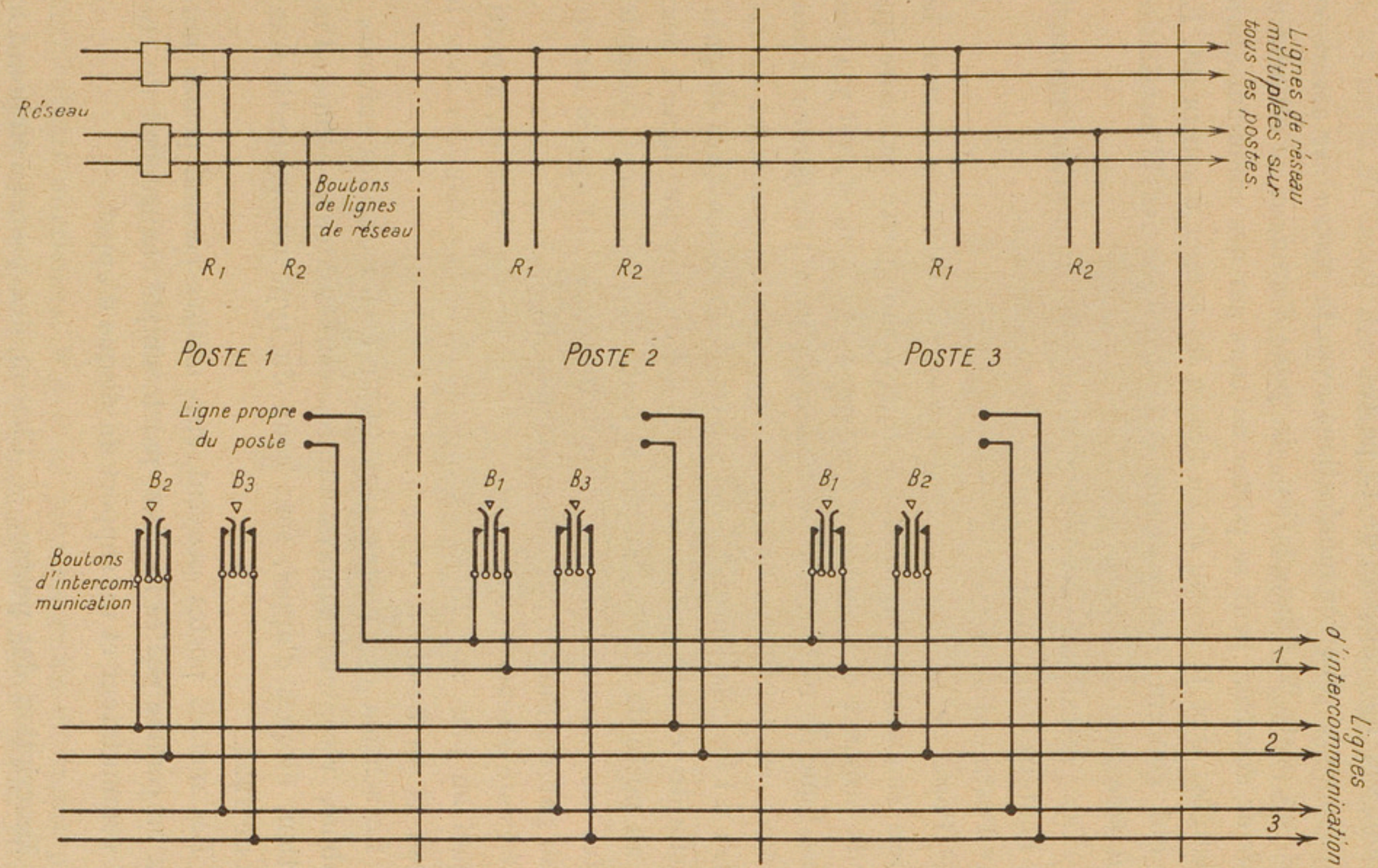


Fig. 1. — Principe de l'installation.

b) deux boutons de réseau et douze boutons d'intercommunication, soit une capacité de 13 postes.

Le secret des communications avec le réseau est assuré et, seul, un poste de l'installation, dit *poste d'écoute et de coupure* ou *poste de directeur*, peut se porter en tiers sur des communications échangées avec le réseau et au besoin les couper à son profit. En ce qui concerne les communications intérieures, l'installation peut être avec ou sans secret.

Une installation complète d'intercommunication manuelle par boutons comporte les types de postes suivants :

1° Poste ordinaire ;

2° Poste de service ; ce poste, qui est destiné à recevoir les appels émanant du réseau, ne diffère d'un poste ordinaire que par la présence des sonneries des lignes de réseau et, s'il y a plus d'une ligne de réseau, par les boutons et relais de garde ; il peut recevoir, en outre, des équipements spéciaux permettant de rattacher à l'installation un ou deux postes supplémentaires éloignés ; chacun de ces derniers postes n'est relié que par une ligne à deux fils au poste de service, auquel il doit obligatoirement demander toutes ses communications ; il peut toutefois être appelé directement par les autres postes supplémentaires ;

3° Poste d'écoute et de coupure ou poste de directeur, à partir duquel on peut surveiller les communications échangées avec le réseau et au besoin les couper.

Le schéma des postes d'opérateur et les organes suivants : combiné, récepteur supplémentaire, condensateur, bobine d'induction, disques d'appel, sont ceux du type administratif français de 1924.

Les mêmes postes peuvent être utilisés comme postes muraux ou comme postes mobiles, par le simple changement du crochet commutateur et du support du disque d'appel.

Description des postes. — Chacun des postes comprend le poste proprement dit et la boîte de raccordement, reliés tous deux par un cordon souple.

La boîte de raccordement (fig. 2) contient la bobine et le

condensateur du poste administratif de 1924 et les relais ; il y a un relais de secret des communications de réseau (relais RB), plus un relais d'aiguillage sur les barres d'intercommunication (relais RC) ; dans les installations réalisant le secret des com-

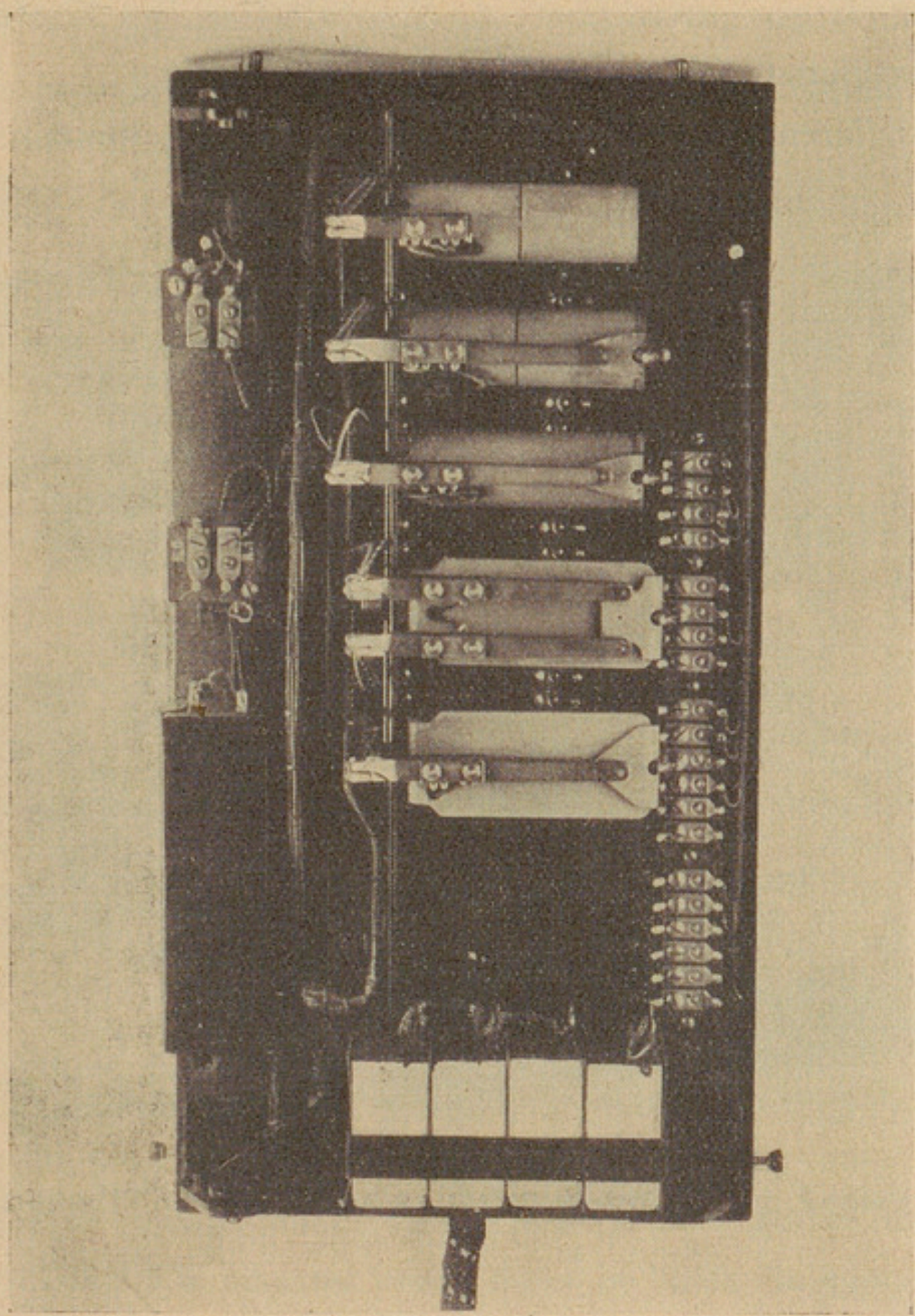


Fig. 2. — Boîte de raccordement
de poste avec secret des communications intérieures.

munications intérieures, il y a en plus un relais de secret privé (relais RD) et un relais de commande de ronfleur (relais RE).

Le poste proprement dit (fig. 3) comprend le combiné et le récepteur du poste administratif de 1924, le crochet commutateur et un socle sur lequel sont fixées quatre réglettes et éven-

tuellement le disque d'appel ; ce socle contient les mécanismes d'enclenchement des boutons.

Les réglettes (fig. 4) comportent :

a) pour chaque ligne de réseau, un bouton et un voyant d'occupation ;

b) pour chaque autre poste de l'installation, un bouton d'intercommunication ;

c) les différents boutons de service tels que : bouton de rappel

Fig. 3. — Poste à deux lignes de réseau et douze lignes d'intercommunication.

et bouton de renvoi ; sur le poste de directeur, boutons d'écoute et de coupure ; sur le poste de service, boutons de garde ou de mise en liaison d'une ligne de réseau avec un poste supplémentaire éloigné.

Les boutons de réseau sont à enclenchement et ne sont libérés que lorsque le crochet commutateur est ramené au repos.

Les boutons d'intercommunication sont également à enclenchement ; mais ils sont libérés dans les conditions suivantes :

a) lorsque le crochet commutateur est ramené au repos ;

b) lorsqu'on appuie à fond sur un bouton de réseau ;

c) lorsqu'on appuie sur un autre bouton d'intercommunication.

Montage. — L'installation comporte une source d'alimentation dont le tension est comprise entre 12 et 24 volts, la tension la plus favorable étant de 15 volts. Les lignes de réseau

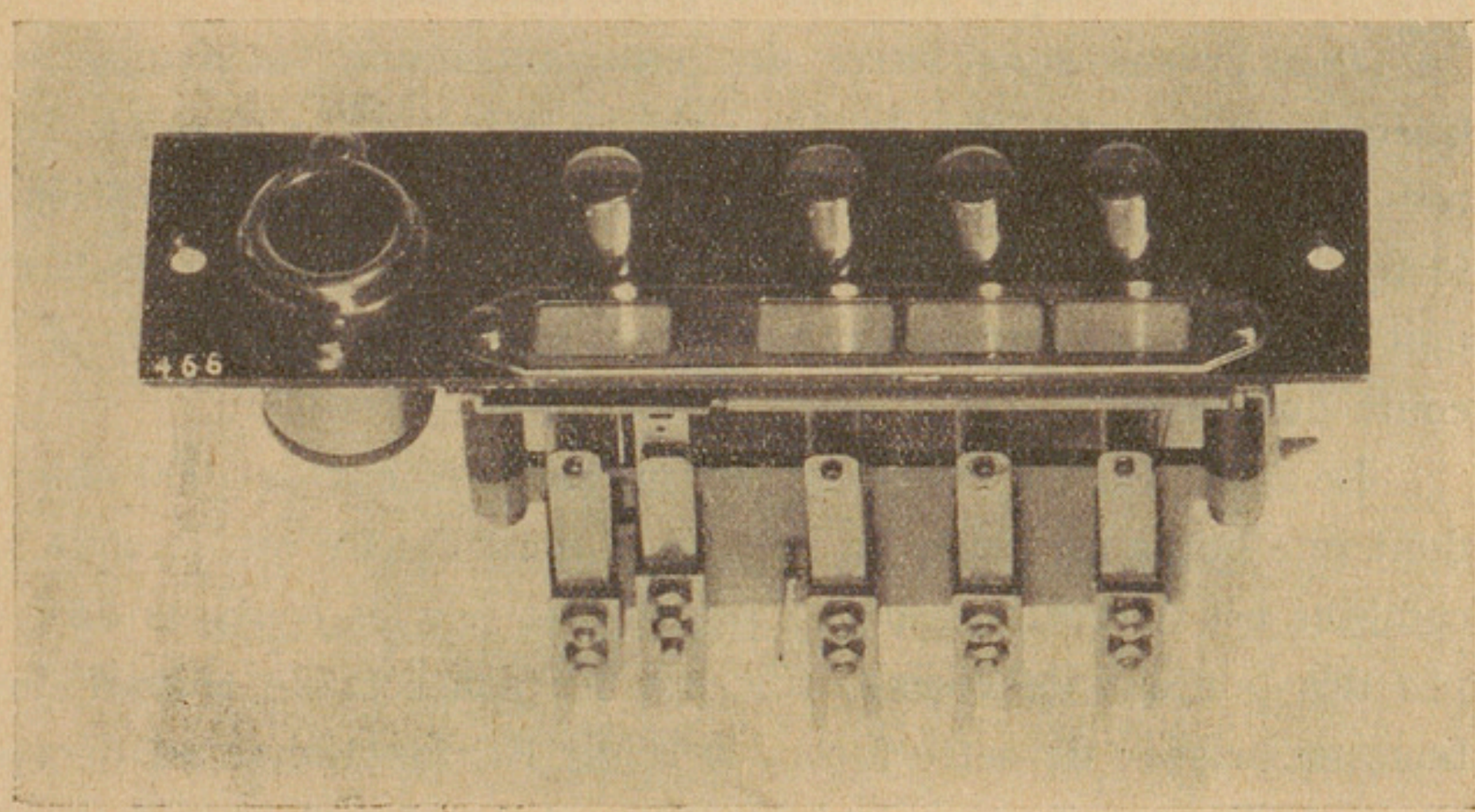


Fig. 4. — Réglette de boutons.
A gauche : voyant et bouton de ligne de réseau ; à droite : trois boutons d'intercommunication.

arrivant du bureau central public aboutissent au poste de service, où sont placées les sonneries.

Les lignes reliant entre eux les différents postes de l'installation aboutissent à chaque poste dans la boîte de raccordement, sur laquelle sont fixés les plots nécessaires. Ces lignes comprennent les fils nécessaires à l'alimentation, deux fils par ligne d'intercommunication et quatre fils par ligne de réseau (deux fils de conversation, un fil des voyants, un fil de secret).

L'installation peut être réalisée suivant les trois modes de montage suivants : montage en série, montage en étoile, montage mixte. Dans le premier mode de montage, les postes sont disposés en série ; dans le second, chacun des postes est relié à une boîte centrale ; le troisième mode de montage est une combinaison des

deux premiers. On adopte le montage qui correspond le mieux à la disposition des locaux, afin de réduire au minimum la longueur des câbles à poser.

Schéma (fig. 5 et 6). — Nous examinerons en premier lieu les installations ne réalisant pas le secret des communications intérieures ; nous indiquerons ensuite les modifications à apporter pour l'assurer lorsque l'usager le juge nécessaire.

Installations sans secret des communications intérieures. — Chaque poste est muni de deux relais RB et RC ; le relais RC relie le poste d'opérateur aux barres d'intercommunication ; le relais RB assure le secret des conversations avec le réseau et doit fonctionner pour relier le poste d'opérateur aux barres d'écoute du réseau.

Le relais RC est constitué par un enroulement de 1000 ohms, dont une borne est reliée au négatif et dont l'autre est, lorsque le combiné est décroché, relié au positif soit par les contacts de repos des boutons de réseau, soit par les contacts de travail des boutons privés ; de cette façon, le relais RC fonctionne au décrochage de l'appareil et revient au repos si l'on appuie sur un bouton de réseau ; il enclenche de nouveau si l'on appuie sur un bouton d'intercommunication. Outre la liaison du poste d'opérateur sur les barres d'écoute privées, le relais RC établit deux autres contacts de travail, dont l'un est destiné à mettre une résistance de garde sur la ligne de réseau et dont l'autre alimente une barre d'intercommunication à travers une inductance de 125 ohms.

Le secret des conversations avec le réseau est assuré grâce aux relais RB ; les voyants de tous les postes de l'installation sont reliés en série, et les extrémités de la ligne ainsi constituée sont reliées l'une au négatif à travers un relais RA commun à toute l'installation et situé au poste de service, l'autre à un fil général qui constitue le fil de secret de l'installation (fig. 6). Le relais RB est constitué par deux enroulements ayant respectivement 1000 et 55 ohms et dont le point commun est relié au positif du crochet commutateur lorsqu'après avoir décroché un

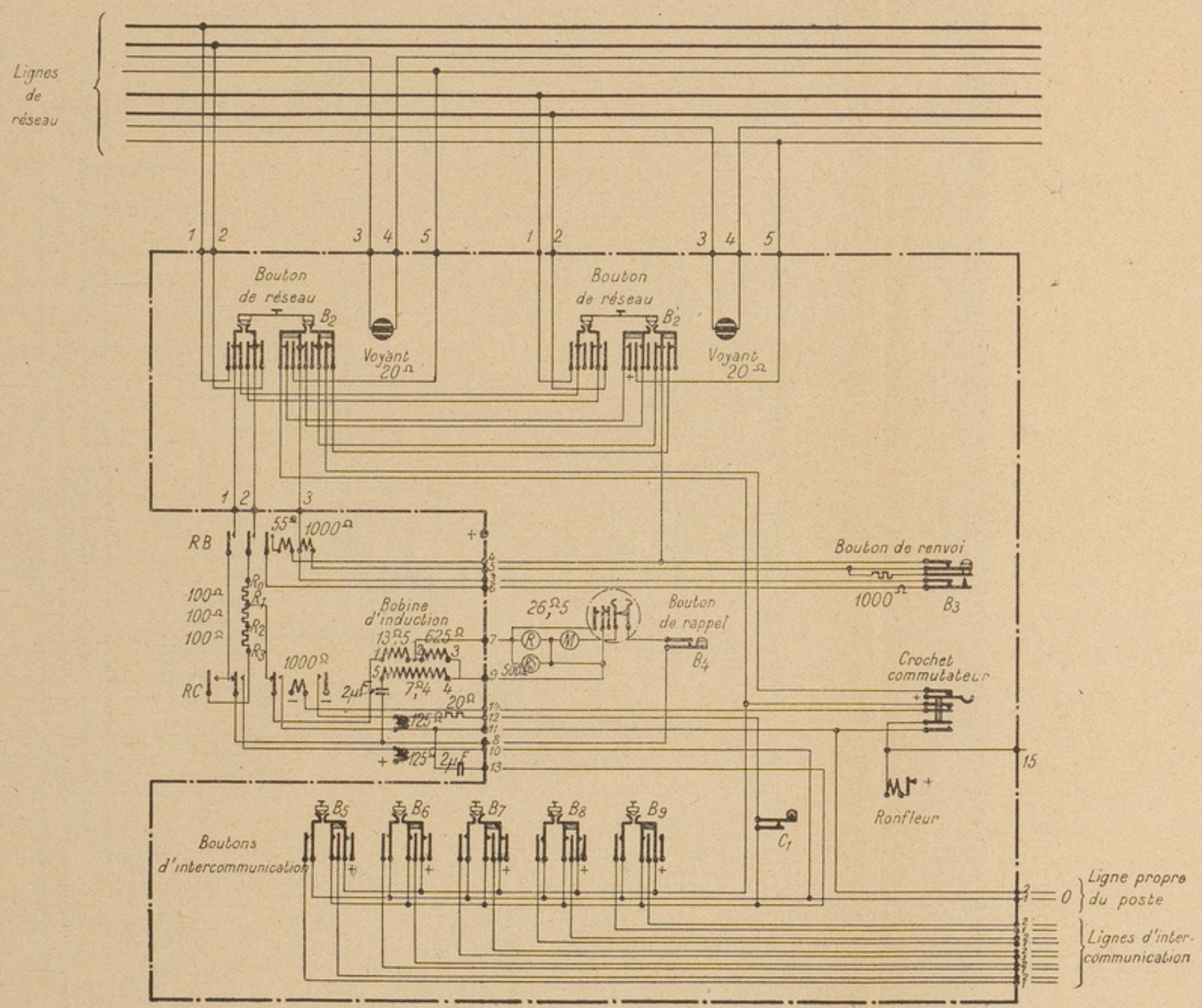


Fig. 5. — Schéma d'un poste.

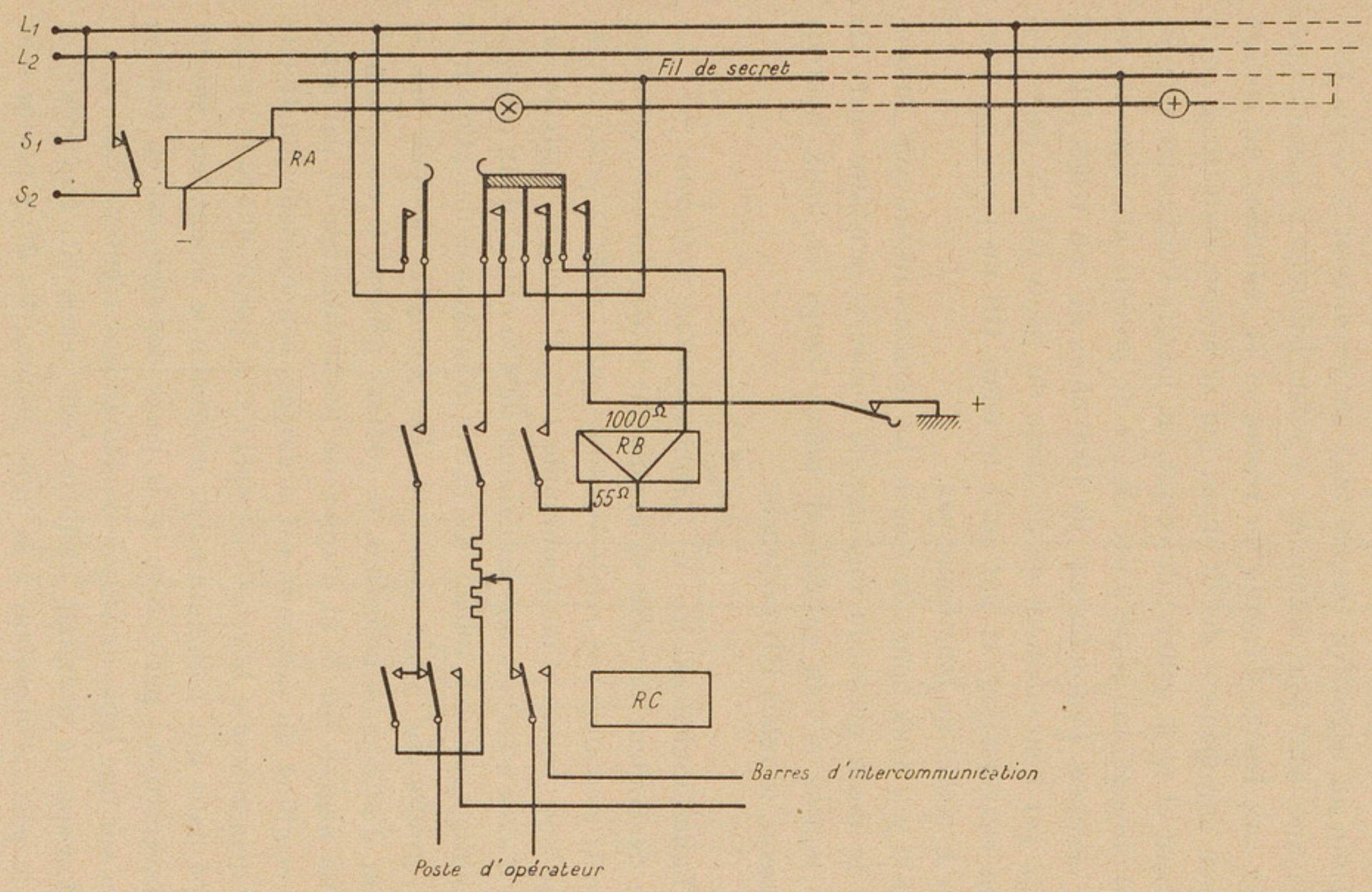


Fig. 6. — Réalisation du secret des communications avec le réseau.

bouton de réseau est enfoncé ; dans ce cas, l'autre extrémité de l'enroulement de 1000 ohms est reliée au fil général de secret et par suite au négatif à travers tous les voyants et le relais RA ; les voyants sont tous actionnés ; le relais RB relie le poste d'opérateur aux barres d'écoute du réseau et se maintient au collage par son enroulement de 55 ohms, qui se trouve alors situé entre le positif et le fil général de secret. Si, malgré l'indication donnée par le voyant, un autre poste essaye de prendre une ligne de réseau occupée, l'enroulement de 1000 ohms de son relais RB est shunté par l'enroulement de 55 ohms du relais RB du poste qui est en conversation, et par suite le relais RB du poste qui veut violer le secret ne fonctionne pas.

S'il y a deux lignes de réseau, les boutons réseau sont embrochés de façon qu'aucun mélange ne puisse se produire entre les deux lignes ; si l'on enfonce en même temps les deux boutons de réseau, le relais RB déclanche.

Fonctionnement. — a) *Communication intérieure.* — Le poste demandeur décroche et appuie sur le bouton correspondant au poste demandé ; le relais RC fonctionne, relie le poste d'opérateur aux barres d'intercommunication et met la batterie sur l'une d'elles à travers une inductance de 125 ohms ; deux contacts du bouton actionné relient les barres d'intercommunication à la ligne propre du poste demandé. En appuyant à fond sur le bouton d'intercommunication, le contact général C est actionné, met un négatif sur le fil d'appel du poste demandé et par suite, si le combiné du demandé est accroché, son ronfleur fonctionne et le demandeur a le retour d'appel ; si le poste demandé est occupé dans une communication intérieure le demandeur entend la conversation ; par contre, si le poste demandé est en conversation sur une ligne de réseau, le demandeur n'entend rien.

Lorsque le demandé décroche, son relais RC fonctionne et relie le poste d'opérateur à sa ligne propre ; les deux postes sont donc reliés par la ligne propre du demandé et alimentés chacun à travers deux inductances de 125 ohms placées en dérivation sur les deux fils de conversation ; un condensateur, situé au poste

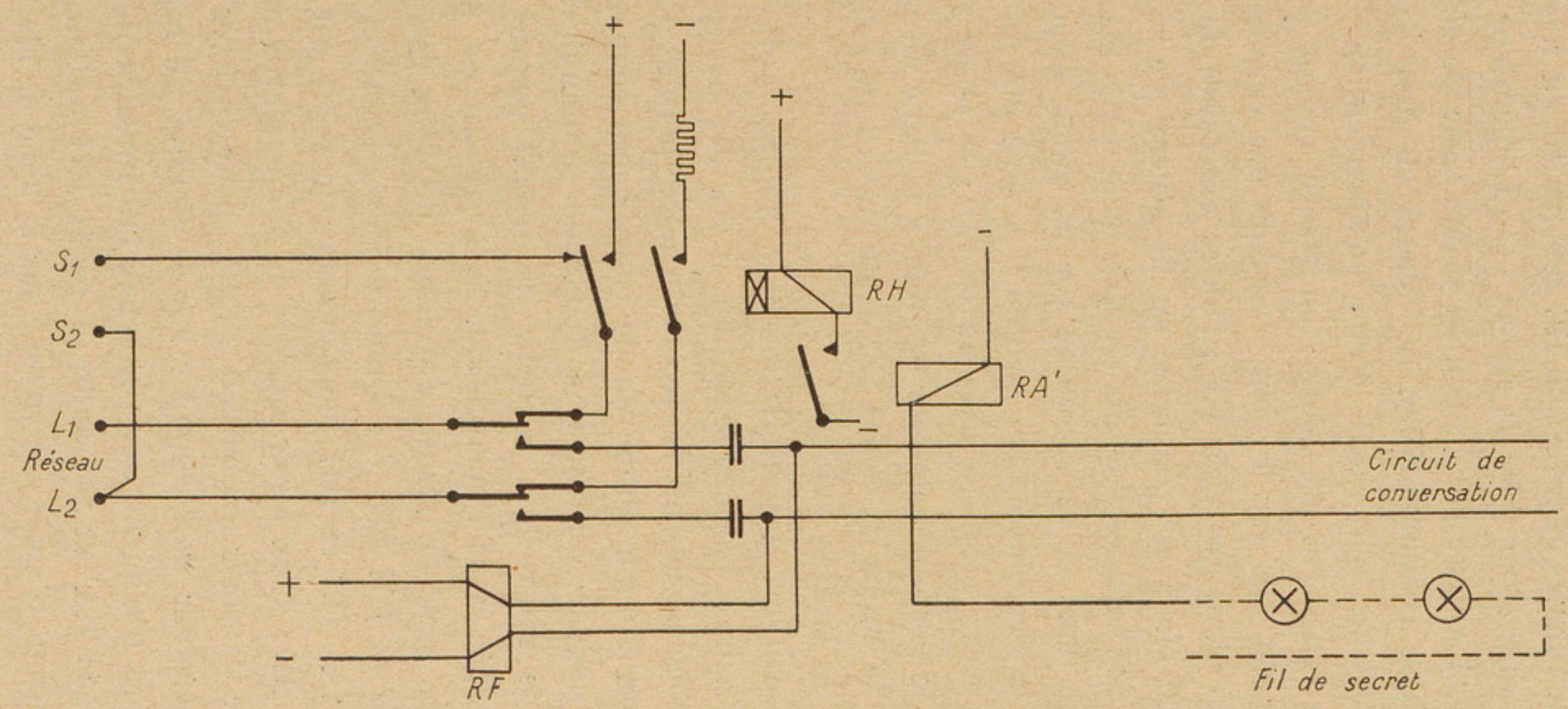


Fig. 7. — Equipement d'une ligne de réseau à batterie locale.

demandeur, sépare les courants d'alimentation. Au raccrochage, les boutons actionnés et les relais RC reviennent au repos.

b) *Communication avec le réseau.* — L'opérateur décroche son combiné et appuie sur le bouton d'une ligne de réseau libre s'il s'agit d'une communication de départ ou dont la sonnerie d'appel fonctionne s'il s'agit d'une communication d'arrivée ; le circuit du relais RC est coupé ; un positif venant du crochet commutateur est mis sur le point commun des enroulements de 55 et de 1000 ohms du relais RB ; l'autre extrémité de l'enroulement de 1000 ohms est connectée au fil général de secret, relié à la batterie par tous les voyants en série et le relais RA ; le relais RB enclenche donc et se verrouille sur 55 ohms, assurant ainsi le secret de la communication comme il a déjà été indiqué plus haut ; les voyants viennent tous au travail ; le relais RA coupe la sonnerie ; le poste d'opérateur est relié à la ligne de réseau par les contacts de repos du relais RG et de travail du relais RB et les contacts du bouton enfoncé.

Si le réseau est à batterie centrale, l'appel s'effectue à la manière ordinaire ; l'alimentation du poste est assurée par le réseau ; un bouton coupant le circuit du poste permet de rappeler l'opératrice du bureau public ou de couper une communication, de façon à pouvoir obtenir une deuxième communication sans être obligé de raccrocher, la ligne de réseau restant toujours marquée occupée dans l'installation. Si le réseau est à batterie locale, chaque ligne de réseau est munie de deux relais supplémentaires RF et RH (fig. 7) ; quand le poste prend la ligne, les trois relais RA', RF et RH fonctionnent ; le poste est alimenté par le relais RF ; deux condensateurs de 2 microfards empêchent le courant de parvenir au bureau public ; pour envoyer le signal d'appel, l'opérateur doit appuyer sur le bouton de rappel, qui coupe le circuit d'alimentation ; le relais RF retombe donc ; mais comme le relais RA' et par suite le relais RH restent toujours attirés, le courant d'appel est envoyé sur la ligne de réseau à travers les contacts de travail du relais RH et les contacts de repos du relais RF. Quand l'opérateur raccroche son combiné, les deux relais RF et RA' reviennent au repos ; mais le relais RH est à

relâchement différé ; par suite, le signal de fin est envoyé au bureau public à travers les contacts de travail du relais RH et les contacts de repos du relais RF pendant le temps que le relais RH met à retomber.

c) *Appel d'un autre poste au cours d'une conversation avec le réseau.* — Un poste qui est en communication sur une ligne de réseau, comme il est indiqué au paragraphe b), peut appeler un autre poste de l'installation pour lui demander un renseignement et reprendre ensuite sa conversation, sur la ligne de réseau. L'opérateur appuie à fond sur le bouton du poste auquel il veut parler; un contact de ce bouton met un positif sur le relais RC, qui est attiré ; ce relais met une résistance de garde sur les barres d'écoute de réseau, et la communication intérieure est établie comme il a été indiqué au paragraphe a). Pour reprendre ensuite sa conversation sur la ligne de réseau, l'opérateur appuie à fond sur le bouton de réseau, ce qui fait déclencher le bouton d'intercommunication ; le relais RC revient au repos et le poste est de nouveau relié à la ligne de réseau. Le relais RB étant toujours attiré, la ligne de réseau reste marquée occupée dans l'installation pendant sa mise en garde.

d) *Passage d'une communication de réseau à un autre poste.* — Cette manœuvre est le plus souvent effectuée par l'opérateur qui répond aux appels émanant du réseau en vue d'effectuer leur aiguillage ; mais elle peut être effectuée de la même façon par n'importe quel poste de l'installation. L'opérateur du premier poste qui est en relation avec le réseau appelle le deuxième poste comme il est indiqué au paragraphe c) ; si ce dernier poste est libre ou occupé dans une communication intérieure, il est invité à se porter sur la ligne de réseau. Le premier poste peut, s'il le juge utile, reprendre la ligne de réseau comme il est indiqué au paragraphe c), pour avertir le correspondant extérieur qu'il lui donne la personne désirée ; il appuie sur le bouton de renvoi, qui met une résistance de 1000 ohms en série avec les deux enroulements de son relais RB, permettant ainsi au relais RB du deuxième poste de fonctionner et de se verrouiller sur 55 ohms, faisant ainsi retomber le relais RB du premier poste, dont l'opé-

rateur est averti, par un « toc » dans son récepteur, que la communication a bien été prise.

Le passage de la communication a bien été effectué sans qu'il y ait à aucun moment rupture de la boucle de la ligne de réseau ; les libérations prématurées ne sont donc pas à craindre dans les réseaux automatiques.

e) *Ecoute et coupure par le poste de directeur* (fig. 8). —

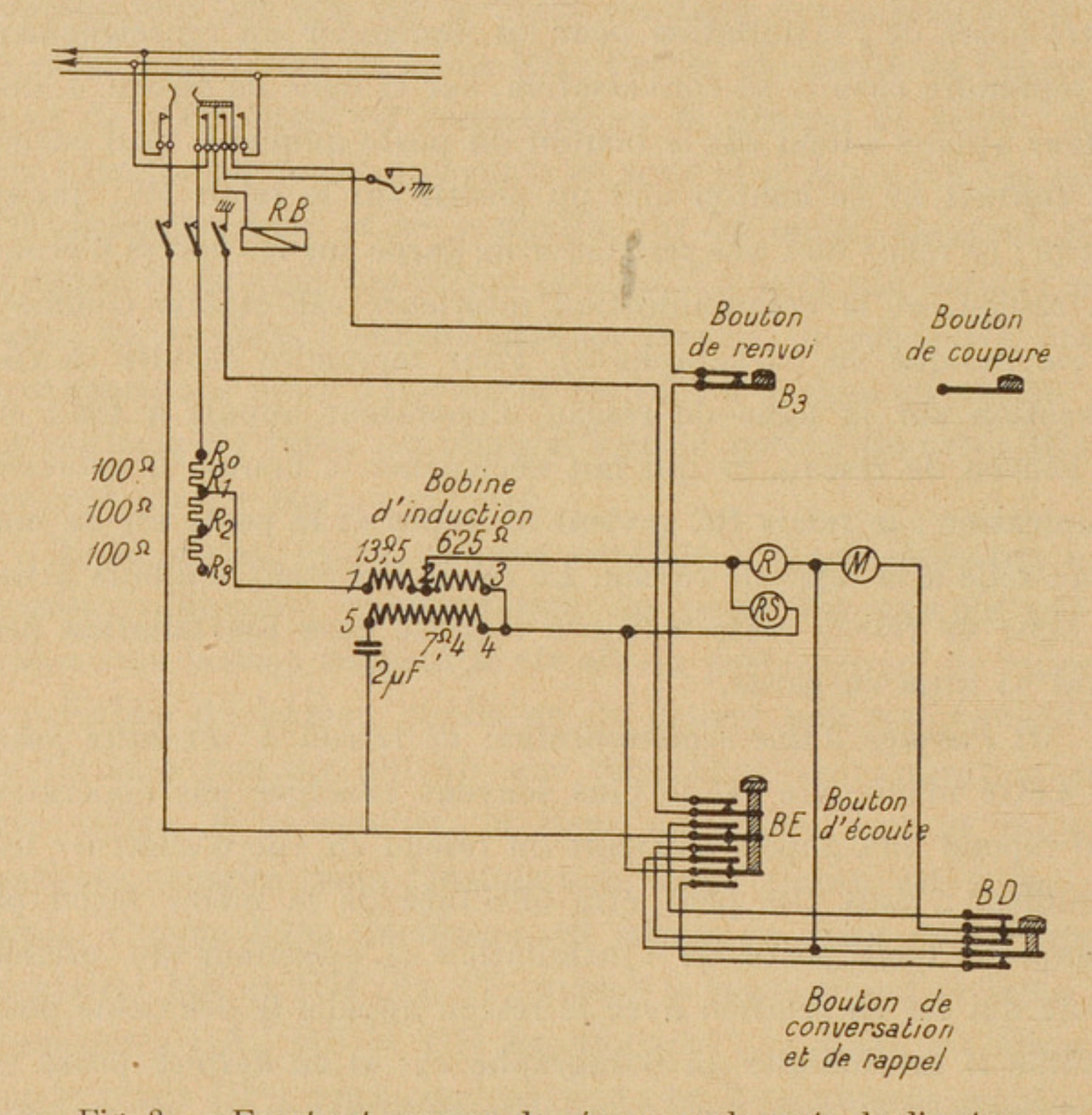


Fig. 8. — Ecoute et coupure du réseau par le poste de directeur.

Le poste de directeur comporte un bouton d'écoute, un bouton de conversation et un bouton de coupure.

Contrairement aux autres postes, le relais de secret du poste de directeur ne comporte qu'un enroulement de 1000 ohms, dont le circuit d'excitation, indépendant des autres postes, se ferme toujours dès qu'un bouton de réseau est enfoncé ; dans ce cas, un contact de travail du relais de secret met directement un posi-

tif sur le fil général de secret, à condition que le bouton d'écoute soit au repos ; tous les autres postes de l'installation sont donc privés de la ligne de réseau, sauf lorsque l'opérateur du poste de directeur a soin d'enfoncer préalablement le bouton d'écoute.

Pour écouter une conversation, le directeur enfonce donc d'abord son bouton d'écoute, puis le bouton de la ligne de réseau à surveiller ; l'enclenchement du bouton d'écoute isole le microphone et coupe le circuit d'écoute par un condensateur de

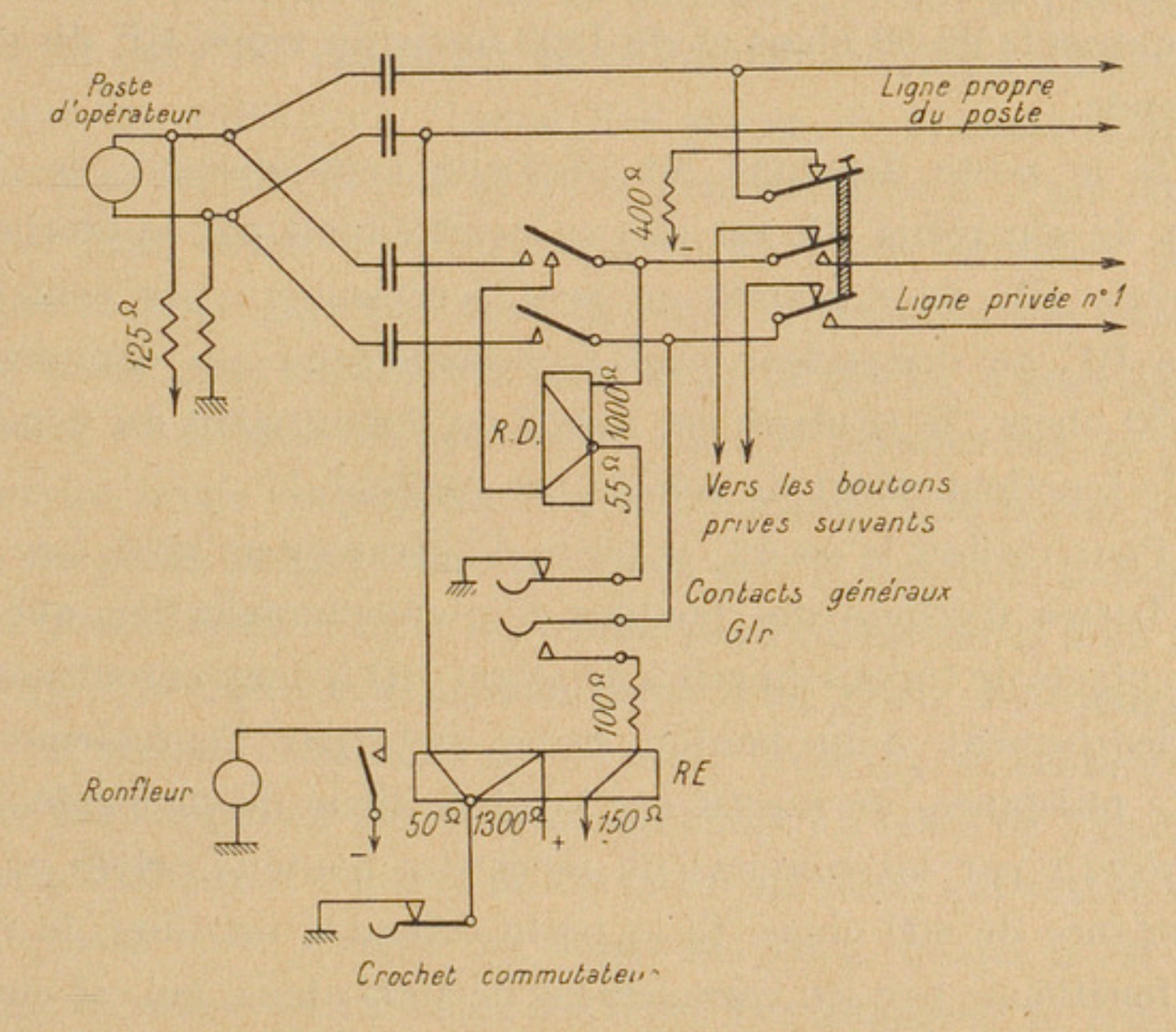


Fig. 9. — Secret des communications intérieures.

2 microfarads. Si maintenant le directeur veut prendre part à la conversation, il maintient enfoncé le bouton de conversation, qui met son microphone en circuit. S'il veut ensuite couper la communication à son profit, il lui suffit d'appuyer sur le bouton de coupure pour faire déclancher le bouton d'écoute.

Pour donner une communication de réseau à un autre poste, le directeur opère comme il est indiqué au paragraphe d) ; le bouton de renvoi coupe le positif mis par un contact de travail du relais de secret et du bouton enfoncé sur le fil général de secret de l'installation.

Secret des communications intérieures (fig. 9). — Le secret des communications intérieures est obtenu par l'addition, à chaque poste, d'un relais de secret privé et d'un relais de commande de ronfleur.

L'appui à fond, par le poste demandeur, du bouton d'intercommunication correspondant au poste demandé envoie, par l'enroulement de 150 ohms du relais RE du demandeur, un négatif sur le fil de ligne du demandé, relié au positif à travers les deux enroulements de 50 ohms et de 1300 ohms du relais RE du poste demandé.

Si le poste demandé est décroché l'enroulement de 1300 ohms de son relais RE est mis en court-circuit par le crochet et le relais RE du demandé ne peut fonctionner ; par contre, le relais RE du demandeur peut fonctionner par son enroulement de 150 ohms ; le titulaire est averti de l'occupation du demandé par le fonctionnement de son propre ronfleur.

Pour réaliser le secret, le poste d'opérateur ne peut être relié aux barres d'écoute des boutons d'intercommunication que par les contacts de travail du relais de secret RD à deux enroulements ; l'enclenchement d'un bouton privé met, par l'enroulement à haute résistance, un positif sur le fil de ligne du demandé, relié au négatif par les contacts de repos des boutons privés et une inductance de 400 ohms. Si le poste demandé est libre, le relais RD fonctionne par son enroulement de 1000 ohms, qui est ensuite shunté par l'enroulement de 55 ohms ; si le poste demandé est déjà engagé comme demandeur dans une conversation intérieure, le circuit d'excitation du relais RD est coupé par l'enfoncement d'un bouton privé ; si le poste demandé est déjà engagé comme demandé avec un premier poste demandeur, l'enroulement de 1000 ohms du relais de secret du deuxième demandeur est shunté par l'enroulement de 55 ohms du relais de secret du premier demandeur, et par suite le secret est assuré.

Postes éloignés. — Le câblage reliant les postes de l'installation est assez important, puisqu'il comporte autant de lignes à deux fils qu'il y a de postes, plus quatre fils par ligne de réseau

et les fils d'alimentation. Si donc un ou plusieurs postes sont assez éloignés du reste de l'installation, on ne peut songer à les équiper dans les mêmes conditions que les autres postes, sous peine d'une dépense prohibitive de câbles : on se contente de relier ces postes à l'installation par une ligne à deux fils. Les postes éloignés sont à batterie locale à appel par magnéto ; la ligne à deux fils venant d'un poste éloigné aboutit au poste de service, où un annonciateur ou une sonnerie est situé en dérivation ; dans la position de repos, la ligne est également reliée comme une ligne d'intercommunication ordinaire à chacun des postes de l'installation, qui peuvent se porter dessus grâce à l'enclenchement d'un bouton comme pour entrer en relations avec un poste ordinaire. Mais, lorsque le poste extérieur veut être mis en relations soit avec un autre poste de l'installation, soit avec le réseau, l'intervention du poste de service est nécessaire ; dans le premier cas, le poste de service invite simplement le poste demandé à se porter sur la ligne du poste éloigné ; dans le second cas, il établit la liaison du poste éloigné avec la ligne du réseau par l'enfoncement d'un bouton, qui provoque le fonctionnement d'un relais de connexion, dans les mêmes conditions qu'un poste ordinaire se connecte au réseau par l'appui du bouton correspondant. Le relais de connexion se maintient par le contact de travail d'un relais qui reste excité tant que le poste éloigné est décroché ; mais, quand il est raccroché, le retour de ce relais au repos fait retomber le relais de connexion, et la ligne de réseau est libérée. Cette disposition présente l'avantage de permettre la libération des organes du réseau public dès le raccrochage du poste supplémentaire éloigné, sans nécessiter l'intervention de l'opérateur du poste de service.

Conclusion. — Le type d'installation décrit ci-dessus présente donc les avantages suivants : tous les postes, qui sont d'ailleurs identiques y compris le poste de service, sont légers et peu encombrants ; le même poste peut être utilisé comme poste mobile ou comme poste mural par le simple changement du crochet support du combiné ; le secret des communications échangées avec le réseau est toujours assuré, sauf pour le poste qui est éventuel-

lement équipé en poste de directeur et qui peut écouter les conversations et au besoin les couper à son profit ; le secret des communications intérieures peut être réalisé si l'usager le juge nécessaire ; la simple addition d'une boîte auxiliaire permet de rattacher à l'installation deux postes éloignés ; dans un réseau à batterie locale, il suffit d'ajouter à l'installation deux relais par ligne de réseau et les signaux de fin sont envoyés directement au bureau public par le simple raccrochage des postes supplémentaires ; enfin toutes les manœuvres nécessitées par l'exploitation de l'installation sont aussi simples que possible.

ADAPTATION AUX RÉSEAUX AUTOMATIQUES DES TABLEAUX D'ABONNÉS A BATTERIE LOCALE.

Au moment de la transformation d'un réseau en automatique, il est nécessaire d'adapter les tableaux à batterie locale qui sont en service.

Jusqu'à présent, en France, les tableaux existants ont, d'une façon générale, été adaptés à l'automatique par adjonction de tableaux dits *tableaux auxiliaires*. L'ancien tableau que possède l'abonné subsiste, mais il n'est plus utilisé que pour les communications locales. Les lignes venant de chaque poste supplémentaire passent en coupure par les clefs du tableau auxiliaire avant d'aller à l'ancien tableau. Le tableau auxiliaire comporte l'équipement des lignes de réseau et toutes les clefs nécessaires à l'établissement des communications entre les lignes de réseau d'une part et les postes supplémentaires ou le poste d'opérateur d'autre part. Un poste supplémentaire qui est relié au réseau est donc complètement isolé de l'ancien tableau, et les dérangements éventuels de ce dernier ne peuvent, par suite, troubler la communication ; en outre, avec les tableaux auxiliaires, la garde des lignes de réseau est automatique au moment de l'appel d'un poste supplémentaire par l'opérateur du tableau. Mais l'emploi de ces tableaux auxiliaires a révélé de nombreux inconvénients : le prix en est très élevé ; ils sont très encombrants et, en général, ils n'ont pas toujours donné entière satisfaction ; les dérangements, assez nombreux du fait de la garde automatique et de la présence d'un certain nombre de relais, sont difficiles à relever.

L'administration française s'est donc préoccupée de trouver d'autres solutions pour l'adaptation à l'automatique des tableaux à batterie locale. C'est ainsi qu'ont été mises à l'essai,

dans quelques réseaux, des boîtes annexes construites d'après les indications de M. Henne, chef monteur à la direction des Services téléphoniques de Paris. Ces boîtes annexes, destinées à être placées à côté du tableau à batterie locale, sont de trois types, qui correspondent aux trois cas suivants : tableau à clefs à une ligne de réseau, tableau à jacks à une ligne de réseau, tableau à jacks à deux lignes de réseau. L'ancien tableau est utilisé pour les communications locales et les boîtes annexes ne sont utilisées que pour l'établissement des communications avec le réseau.

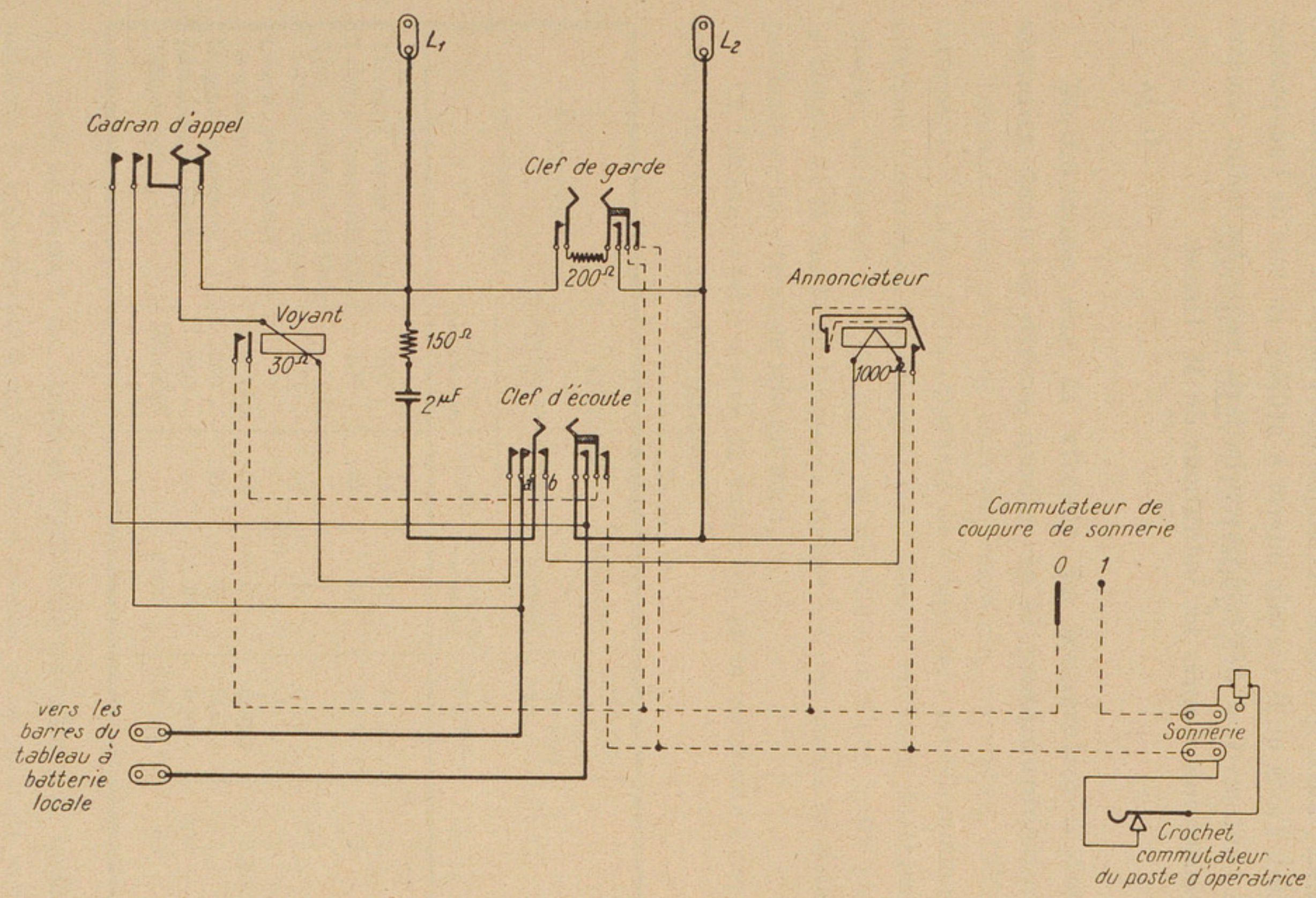
Ces boîtes comportent l'équipement de chaque ligne de réseau, à savoir : un annonciateur de 1000 ohms, une clef de garde, un voyant et, dans le cas d'une seule ligne de réseau, le cadran d'appel avec son dispositif antisurtension (dans le cas de plus d'une ligne de réseau, le cadran est monté sur le poste d'opérateur).

Le schéma ci-joint est relatif à la boîte annexe pour tableau à clefs à une ligne de réseau. Le poste d'opérateur étant raccroché, des circuits de sonnerie (indiquées en pointillé) se ferment, ou bien par la clef de garde lorsque cette dernière n'a pas été remise au repos, ou bien par le contact de repos du voyant lorsque la conversation d'un poste supplémentaire mis en liaison avec le réseau est terminée.

Le schéma pour tableau à jacks à une ligne de réseau est analogue au schéma ci-joint : il n'en diffère que par le remplacement de la clef de réseau par un jack.

La boîte pour tableau à deux lignes de réseau est analogue au type à une ligne de réseau ; mais le cadran d'appel est lié au poste d'opérateur ; un bouton de coupure de sonnerie individuelle pour chaque ligne est ajouté, de façon qu'en cas de renvoi on puisse couper l'un des circuits de sonnerie, l'autre restant en fonctionnement.

Les essais de ces boîtes en laboratoire et en service réel à Bordeaux et à la Rochelle ont été satisfaisants ; elles ne réalisent pas la garde automatique, mais elles permettent une grande simplification dans l'adaptation à l'automatique des tableaux à batterie locale et une réduction très appréciable des dépenses ; elles


L1
L2
Cadran d'appel
Clef de garde
200Ω
Annonciateur
Voyant
30Ω
150Ω
2μF
1000Ω
Clef d'écoute
a
b
Commutateur de coupure de sonnerie
0
1
vers les barres du tableau à batterie locale
Sonnerie
Crochet commutateur du poste d'opératrice

sont d'un encombrement réduit, d'une pose et d'un entretien aisés ; aussi le Comité technique des Postes et Télégraphes a-t-il émis l'avis qu'il y avait intérêt à utiliser, en vue de l'adaptation à l'automatique des tableaux à batterie locale, les boîtes annexes construites d'après les indications de M. Henne.

G. L.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Remarques sur la vitesse de transmission des signaux dans les divers modes de télécommunication (F. Lüschen, *Institution of électrical engineers*, novembre 1932) (extraits). — La loi de la constante de temps dans les télécommunications électriques spécifie que, pour chaque méthode de transmission, le produit k de la durée de transmission d'une lettre par la largeur de la bande de fréquence utilisée est une constante indépendante de la vitesse de transmission.

Le tableau ci-joint donne la valeur de cette constante k pour divers modes de communication.

MOYENS DE TRANSMISSION.	VITESSE DE TRANSMISSION. (lettres par minute)	(bauds)	BANDE de fréquences. (cycles par seconde)	DURÉE de transmission d'une lettre. (secondes)	k.
Télétype (courant continu).	400	48	24	0,15	3,5
Télétype (courant alternatif).	400	48	48	0,15	7
App. Siemens à grande vitesse (courant continu).	600	50	25	0,10	2,5
Quadruple Baudot (courant continu).	4 × 180	66	33	0,083	2,7
Télégraphie sous-marine. . .	300	20	10	0,20	1,9
Transmission des images. . .	200	—	1100	0,30	330
Téléphone	750 à 1500	—	2000	0,04 à 0,08	80

Cette loi permet de comparer l'efficacité de n'importe quelle méthode de transmission à une méthode connue. A ce point de vue, la communication par télétype est supérieure à la communication par téléphone. D'un autre côté, cela donne quelques idées en ce qui concerne les limites du développement de la technique des com-

munications. Une question intéressante, par exemple, est celle qui est relative à la limite inférieure de la constante k pour un nombre donné de signaux élémentaires. En ce qui concerne le code le plus simple, formé de deux émissions seulement, la réponse à la question résulte du fait que la transmission d'un signal entraîne au moins un changement de courant. La bande de fréquences doit donc être au moins assez large pour que la période transitoire soit plus courte que la durée d'un signal complet. Pour un signal d'un millième de seconde, par exemple, il est nécessaire d'avoir une bande de fréquences d'au moins 500 périodes à la seconde. Nous obtenons ainsi, pour k, la valeur 1/2 comme limite inférieure pour chaque méthode de transmission.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

736.085. Emetteur d'impulsions du courant actionné par une force auxiliaire (H. Fuld et C° Telephon und Telegraphenwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

736.648. Mécanisme d'embrayage pour éléments tournant de façon sélective, tels que les roues à caractères des appareils à imprimer utilisés en télégraphie (Creed and company, Angleterre).

737.027. Système de communication pour service alternatif téléphonique et télégraphique (Creed and Company, Angleterre).

737.381. Perfectionnements aux systèmes électriques pour la transmission de messages (Le Matériel téléphonique, France).

737.438. Système de transmission pour télégraphie, notamment pour télégraphie à hypoposition (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

737.815. Câble téléphonique ou télégraphique à enveloppe d'air (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

738.126. Mécanisme sélecteur pour appareils télégraphiques imprimeurs (International communications laboratories, Etats-Unis).

41.106. Dispositif pour l'actionnement d'appareils et notamment d'appareils de signalisation à grande distance (Compagnie de signaux et d'entreprises électriques, France) (1re addition au brevet n° 721.621).

41.112. Système de télécommande (invention R. Barthélemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France) (1re addition au brevet, n° 723.335).

41.135. Perfectionnements aux systèmes de téléindication et de télémécanique (Ateliers J. Carpentier, France) (1re addition au brevet n° 732.221).

Téléphonie.

737.076. Installation téléphonique d'immeuble (H. Herr, Autriche).

737.101. Appareil pour établir automatiquement la communication entre plusieurs installations téléphoniques (A.-A.-J.-H. Martin, France).

737.138. Méthode permettant d'employer la batterie commune du central pour assurer les communications entre le poste principal

d'un abonné et son poste supplémentaire unique (M. Havazeleth, Palestine).

737.189. Dispositif de sélecteur à tige (F. Merk et Société dite : H. Fuld et C° Telephon und Telegraphenwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

737.233. Multiple à bancs plats pour sélecteurs d'installations téléphoniques (F. Merk et société dite : H. Fuld et C°, Telephon und Telegraphenwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

737.249. Perfectionnements apportés aux installations de téléphonie automatique (P.-J.-R. Jutier, France).

737.355. Indicateur de numéro pour téléphones automatiques (W. Greenberg, Etats-Unis).

737.388. Appareil compteur ou enregistreur pour téléphone automatique (O. Weber, Allemagne).

737.563. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Compagnie des Téléphones Thomson-Houston, France).

737.758. Dispositif perfectionné d'ancrage des mâts, poteaux, etc., à des socles (G. Kolb, France).

737.846. Sélecteur multiple à balais avec sélection mécanique des balais (F. Merk et Société dite : H. Fuld et C°, Telephon und Telegraphenwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

737.931. Appareil pour désinfecter les instruments à usage public et particulièrement les téléphones (V. La Porta et G. Bruneau, France).

737.941. Procédé pour doubler le nombre des communications télégraphiques ou téléphoniques, avec ou sans fil, et dispositifs le réalisant (W.-A. Loth et A.-J. Givelet, France).

737.989. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques pour bureaux centraux automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

737.991. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique (Association électric laboratories, Etats-Unis).

738.032. Poste intermédiaire pour communications électriques à distance (F. Kumpf, Suisse).

738.107. Câble plat pour applications téléphoniques (Telephon Apparat Fabrik E. Zwietusch und C°, Allemagne).

41.296. Perfectionnements au poste téléphonique à prépayement pour réseaux téléphoniques à batterie centrale donnant une inversion de courant à la réponse de l'abonné demandé (Le Taxiphone, France) (1re addition au brevet n° 710.896).

Transmission des images.

731.609. Procédé de suppression du phénomène d'évanouissement (fading) dans la réception d'images (phototélégraphie) (Société Lorenz, Allemagne).

A chaque tour du tambour portant l'image à transmettre (par phototélégraphie), le poste émetteur envoie un signal bref

d'intensité constante. Ce signal, suivant le degré d'évanouissement, charge plus ou moins un condensateur au poste récepteur ; ce condensateur fournit en se déchargeant une polarisation plus ou moins forte de la grille de la lampe amplificatrice : le gain du poste récepteur est ainsi réglé à chaque tour du tambour porte-image afin de remédier aux effets d'évanouissement (fading).

732.823. Procédé d'exploration et de reproduction de textes imprimés (Naumburg, Etats-Unis).

Machine pour traduire automatiquement des textes en noir sur blanc en textes en relief pour lecture au toucher par les aveugles suivant la méthode Braille, basée sur le principe suivant : six pinceaux lumineux explorent chaque lettre imprimée suivant six lignes horizontales parallèles ; grâce à un rupteur sextuple de lumière et à une cellule de sélénium (ou photoélectrique) on obtient simultanément six signaux de fréquences différentes et dont les intensités électriques caractérisent par leur combinaison la lettre explorée ; ces six signaux, après filtrage, agissent sur des poinçons mécaniques qui produisent le caractère en relief correspondant à cette lettre explorée.

736.746. Perfectionnements aux systèmes électriques de transmission d'images, diagrammes ou autres représentations (Le Matériel téléphonique, France).

736.854. Procédé de transmission (S. Loewe et M. von Ardenne, Allemagne).

737.009. Dispositif d'exploration d'images pour télévision, transmission télégraphique d'images et applications similaires (G.-W. Walton, Angleterre).

737.043. Procédé et dispositif pour la télévision, la transmission télégraphique d'images (belinographie), etc. (G.-W. Walton, Angleterre).

737.131. Perfectionnements aux appareils de télévision et appareils analogues (R. Lyon et A. T. Stoyanowsky, France).

737.556. Procédé et dispositifs de transmission et vision à distance (G. Touvet, France).

737.855. Perfectionnements aux sources de lumière contrôlées employées dans les systèmes de transmission électro-optiques (R. Lyon, et A.-T. Stoyanowsky, France).

Un arc électrique à flamme, jaillissant entre une cathode métallique recouverte d'oxyde de cérium et refroidie par un courant d'eau d'une part et une anode de charbon ou en cuivre également refroidie d'autre part, sert de source de lumière modulée (au lieu de la lampe au néon ou de la cellule de Kerr utilisée d'ordinaire dans les postes récepteurs de télévision) ; on masque convenablement les électrodes au moyen d'un écran opaque et c'est la flamme même de l'arc dont on module la lumière en appliquant entre les électrodes de l'arc les signaux photoélectriques amplifiés venant du poste émetteur de télévision.

737.940. Perfectionnements aux dispositifs d'analyse de télévision ou télécinématographie (invention R. Barthélemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France).

737.960. Perfectionnements aux dispositifs de synchronisation pour télévision, télécinématographie ou télémécanique (invention R. Barthélémy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France).

737.978. Récepteur pour télévision (S. Lœwe et M. von Ardenne, Allemagne).

41.346. Perfectionnements apportés aux procédés et appareils de transmission de signaux et d'images (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (1re addition au brevet n° 726.730).

Radiocommunications.

736.470. Perfectionnements apportés aux dispositifs stabilisateurs des oscillateurs électriques (G. Mabboux, France).

736.717. Nouveau montage destiné à régler les condensateurs des appareils radiophoniques suivant des postes d'émission désignés et fixés d'avance (Société anonyme O. G. I. M., France).

736.967. Appareil récepteur pour ondes électromagnétiques (P.-J. Grospas, Maroc).

737.182. Dispositif d'émission et de réception pour ondes ultracourtes (J. Pintsch A.-G. et M. K. Kohl, Allemagne).

737.285. Etage amplificateur à grande puissance pour récepteurs de T.S.F. (R. Collet, France).

737.368. Système de commande pour récepteurs de T.S.F. (M. Loyer, France).

737.410. Dispositif de réglage automatique de l'intensité du son dans les appareils de réception radioélectriques (Radiohaus Horny, Autriche).

737.505. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs (K. K. Cole et A.-W. Martin, Angleterre).

737.618. Filtre de bande à haute fréquence (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

737.619. Perfectionnements apportés aux amplificateurs en cascade (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

737.678. Amplificateur à moyenne fréquence (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

737.691. Perfectionnements à la commutation des récepteurs pour radiocommunications (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

737.692. Dispositif de réglage fin de la fréquence propre d'un cristal piézo-électrique (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

737.693. Lampe électronique à grille de charge d'espace (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

737.726. Oscillateur électrique (G.-W. Walton, Angleterre).

737.735. Récepteurs de T.S.F. dits superhétérodynes (Kolster-Brandes, Angleterre).

737.770. Dispositif radioélectrique pour déterminer les directions (invention Gunnar Dalen) (Société dite : Aga-Baltic Radio A.B., Suède).

41.142. Nouveau procédé pour l'obtention de fréquences élevées (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France) (1re addition au brevet n° 729.020).

41.155. Perfectionnements aux installations terminales de systèmes de télécommunication (Le Matériel téléphonique, France) (1re addition au brevet n° 707.717).

41.241. Nouveau procédé de synchronisation (H.-J.-J.-M. de Regnault de Bellescize, France) (1re addition au brevet n° 721.692).

41.248. Self fractionnée pour la réception des ondes extra-courtes (F. Péri, France) (1re addition au brevet n° 725.776).

41.261. Tube à décharges électriques (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas) (1re addition au brevet n° 686.623).

Divers.

736.826. Dispositif permettant d'éliminer les ondes parasites provenant des circuits d'allumage des moteurs à explosions (Th.-E. Ponsot, France).

737.136. Procédé et dispositifs pour obtenir des enregistrements secrets, ou des reproductions sous forme secrète, de phonogrammes, télégrammes ou images par fil conducteur ou par radio (A. Varni, Italie).

738.019. Dispositif commutateur signalisateur, plus particulièrement pour installations de commande à distance (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

738.045. Perfectionnements aux oscillographes enregistreurs (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

BIBLIOGRAPHIE.

Le régime des P. T. T. en Alsace et Lorraine avant et depuis le traité de Versailles, par Lucien Scheer, docteur en droit, inspecteur breveté des P.T.T.. Paris, Librairie du recueil Sirey, 1932. 1 vol. in-8° de viii + 251 pages. — Prix : 36 francs.

Cet excellent et très intéressant ouvrage n'est autre que la thèse soutenue par M. Lucien Scheer devant la faculté de Strasbourg et pour laquelle lui a été décerné le titre de docteur en droit. Dans cet important travail, l'auteur passe en revue les différents aspects et les particularités que présente, au point de vue juridique, le service public des Postes et Télégraphes en Alsace et Lorraine. Il étudie les répercussions qu'a eues sur ce service le changement de souveraineté et de régime dans nos provinces recouvrées et, sans négliger les considérations théoriques, mais étant donné le caractère avant tout technique du domaine étudié, il met au premier plan les solutions imposées par les nécessités matérielles et par les besoins d'une pratique journalière. Bien que le caractère juridique de cet ouvrage soit prédominant, il s'y attache également un grand intérêt historique, et le lecteur qui ne se placerait qu'à ce dernier point de vue aurait, d'un bout à l'autre de sa lecture, sa curiosité amplement satisfaite, à suivre l'histoire de l'introduction méthodique et progressive de la législation et de la réglementation françaises en Alsace-Lorraine. En particulier, un fonctionnaire appartenant à l'administration des Postes et Télégraphes trouvera aussi dans cet ouvrage matière à réflexion et à intéressantes comparaisons, à la lecture des passages se rapportant à certaines règles et rapports juridiques du service touchant la propriété privée (installation et entretien des lignes télégraphiques et téléphoniques), l'administration des chemins de fer, les particuliers, ainsi qu'à la lecture des chapitres traitant

des attributions accessoires ou modalités, spéciales au service intérieur alsacien-lorrain, et qui continuent à rester en vigueur (colis postaux, abonnements aux journaux, lettres avec certificats de remise, réglementation des lignes d'intérêt privé, etc...).

L'ouvrage comprend trois parties. La première étudie le service des Postes et Télégraphes dans son ensemble en Alsace et Lorraine : sous la domination allemande, de 1870 à 1914 ; en Alsace occupée, d'août 1914 au 11 novembre 1918 (armistice) ; de l'armistice à la ratification du traité de Versailles (10 janvier 1920) ; après cette ratification. Dans la seconde partie, l'auteur traite du statut organique du service avant et après le changement de souveraineté, le statut actuel ayant sa source primordiale dans l'arrêté du commissaire général de la république du 29 juin 1919. Dans la troisième, il fait une étude critique des règles et rapports juridiques du service en Alsace et Lorraine : vis-à-vis du domaine public et de la propriété privée pour l'établissement et l'entretien des lignes de télécommunication ; avec l'administration des chemins de fer, pour la poste, comme pour le télégraphe et le téléphone ; à l'égard des particuliers (secret et inviolabilité des correspondances) ; à propos et au sujet du personnel ; dans le cadre du budget des Postes et Télégraphes d'Alsace et Lorraine.

On peut se rendre compte, d'après cette énumération, que l'auteur n'a rien laissé de côté dans l'étude de ce vaste et complexe domaine technique qu'est le service des Postes et Télégraphes, même quand il ne s'agit que de la monographie d'une province, grande, il est vrai, à tout point de vue, et le succès académique qui a couronné cet ouvrage suffirait à en démontrer le mérite et la grande valeur. F. D.

Les radio-communications modernes, par P. David, ingénieur en chef au Laboratoire national de radio-électricité. Paris, Baillière et fils, 1932. 1 vol. in-8° de 149 pages, avec 72 figures (Collection des actualités scientifiques et industrielles).

L'auteur s'est proposé de donner une vue d'ensemble des radio-communications modernes. Il y a réussi d'une façon parfaite : en un petit livre d'une centaine de pages, sans une seule formule mathé-

matique, il passe en revue successivement les phénomènes de la propagation des ondes, les lampes à vide, la technique des appareils d'émission et de réception, l'organisation des radio-communications, ainsi que les applications diverses de la T.S.F. Faite par quelqu'un qui possède à fond un sujet et qui est doué d'une rare clarté d'exposition, cette brochure est le type même de l'excellent livre de vulgarisation scientifique. A. L.

La **Nasa posta**, revue yougoslave des postes et télécommunications, a consacré son fascicule de décembre 1932 au jubilé de Nicolas Tesla.

Nous trouvons, dans le sommaire, des articles en serbo-croate, en français, en anglais et en allemand :

Le jubilé de Tesla, par P. Chotch, ancien ministre, président du Comité yougoslave pour la création de l'Académie internationale des postes et télécommunications ;

Lettres d'autorités mondiales adressées à Tesla à l'occasion de son 75e anniversaire et publiées pour la première fois : lettres de MM. von Arco, J. Zenneck, F. Kiebitz, du général Ferrié, de MM. Bragg, Millikan, Compton, Austin, Cohen, Alexanderson, Lee de Forest, Korn, Clark, Dunn, Behrend, Kintner, Farlan, Moore, Northrup, Scott ;

Teslas Entdeckung des Drehfeldes und der Drehstrom-Kraftübertragung : zwei Hauptepochen der Elektrotechnik, par Drag. Jovanovic, professeur à l'université de Belgrade ;

Un grand génie scientifique yougoslave : Nicolas Tesla, fondateur de l'électrotechnique industrielle moderne, par Paul Milianitch, chargé de cours à l'université de Belgrade ;

Nikola Tesla, der Begründer der Hochfrequenz- und der Radiotechnik, par Slavko Bosan.

Ce fascicule contient, avec d'autres articles en serbo-croate et tchécoslovaque, des articles des notabilités et des journaux allemands et anglais relatifs à M. Tesla.

Le gérant : Henri Dévé.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 12-3-33.

DE LA NATURE DES RAPPORTS ENTRE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET LE PUBLIC

en matière de transport de correspondances,

par Charles THOLLON-GILS,
directeur régional,
professeur à l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes.

Au moment où est opéré le dépôt d'un objet de correspondance, des rapports se forment entre l'administration des Postes et la personne qui a recours à ses services. Quelle est la nature de ces rapports ?

D'après la majorité des auteurs, le Conseil d'État, la Cour de cassation, la jurisprudence des cours et des tribunaux, on se trouve en présence d'un contrat. « La remise au bureau de poste d'une lettre ou d'un paquet », écrit M. Berthélemy, l'éminent doyen de la faculté de droit de Paris « constitue un contrat entre l'expéditeur et l'administration. » (1)

Il existe une autre opinion, représentée en France par quelques auteurs de droit public. Dans cette théorie, la personne qui met une lettre à la poste ne contracte pas, à proprement parler, avec l'administration : elle l'invite à accomplir une obligation légale. Vis à vis des administrés, il y a situation *réglementaire*. Par suite, les rapports des particuliers avec la poste échapperaient aux règles qui régissent les contrats : ils engendreraient des obligations de droit public.

L'une et l'autre thèse étant soutenues à des degrés divers dans l'enseignement administratif, il ne paraît pas inutile de procéder à l'examen et à la confrontation des opinions en présence.

---

1. BERTHÉLEMY, *Traité élémentaire de droit administratif.*

Théorie du contrat. — Il est difficile de concevoir, disent les partisans de la théorie la plus généralement admise, pourquoi, par cela seul que l'État se substitue à une entreprise privée de transports postaux, les rapports juridiques concernant ces transmissions changeraient de nature et cesseraient de présenter un caractère contractuel.

Au contraire des attributs essentiels de l'État, rien ne s'oppose à ce que le transport des correspondances soit l'œuvre des particuliers (1). L'entreprise dont se charge l'État parce qu'il y voit un intérêt, ne présente donc pas, en principe, de caractères différents de ceux qu'elle offrirait si elle était entre les mains de l'initiative privée. Quelles que puissent être les conditions spéciales résultant de l'exploitation par l'État, il n'en est pas moins vrai que les rapports de l'entreprise avec ses clients résultent toujours d'une convention et constituent un contrat.

Dans une première opinion, ce contrat est une variété du mandat : la poste devrait être considérée comme le mandataire de l'expéditeur. Mais cette théorie se heurte à la définition même du mandat qui, d'un avis à peu près unanime, confère au mandataire le pouvoir d'accomplir des actes juridiques au profit du mandant (2). Or la poste ne représente pas l'expéditeur ; elle se livre, à l'égard des objets transportés, à des actes purement matériels. Enfin, si ce contrat était un mandat, la mort du mandant, les incapacités qui viendraient l'atteindre mettraient fin aux pouvoirs du mandataire, tandis qu'il n'y a rien dans les règlements postaux qui donne un pareil effet à ces éventualités (3).

Telle est pourtant la thèse du Conseil d'État. Celui-ci a considéré qu'en recevant un objet qui lui est confié l'administration des Postes se borne à accepter, de l'expéditeur qui est nanti de cet objet, le mandat de le transporter et de le remettre au destinataire, et qu'il se forme ainsi un lien de droit

---

1. Jusqu'en 1867, les postes, dans les pays allemands, ont été organisées par une industrie privée, la maison de Tour et Taxis.

2. Art. 1984 du Code civil.

3. Art. 2003 du Code civil.

entre l'expéditeur mandant et l'administration mandataire (1).

En raison des particularités que présente l'exploitation des services publics, certains auteurs ont construit la théorie du « contrat d'adhésion », qui peut se résumer ainsi. Lorsqu'un contrat intervient entre deux parties, il en est une, le plus souvent, qui se trouve dans une condition économique plus forte que celle de l'autre ; elle fait ainsi la loi du contrat, elle en fixe les modalités, alors que l'autre partie se borne à les accepter. Dans certains cas, tel le contrat de travail, l'indépendance de l'une des parties pour la détermination des clauses de la convention est même entièrement paralysée ; elle ne peut qu'adhérer aux conditions proposées. Il en est de même dans le contrat d'assurances ; l'assuré ne peut, en fait, discuter la police établie par la compagnie. Un exemple, encore plus remarquable, est donné par le distributeur automatique : toute personne qui introduit dans le mécanisme une pièce de monnaie déterminée a droit à l'objet annoncé : elle adhère à la proposition inscrite sur l'appareil. Or telle est justement, disent ces auteurs, la situation de la clientèle des services publics, des services postaux notamment : elle accepte les conditions fixées par l'administration, et le contrat ainsi conclu est un contrat d'adhésion (2). « Celui qui adhère aux conditions « qui lui sont proposées est, en somme, libre de ne pas les « accepter ; il pourrait les rejeter en bloc ; et, par conséquent, « lorsqu'il les accepte, il donne bien son consentement. Ce serait « se jeter dans des difficultés inextricables que de refuser à de « telles opérations le caractère contractuel. » (3)

L'opinion qui compte le plus grand nombre d'adhérents consiste à voir, dans le contrat qui lie l'expéditeur à l'administration des Postes, une variété du louage d'ouvrage, suivant la définition même de l'article 1710 du Code civil : « Le louage d'ouvrage est un contrat par lequel l'une des parties s'engage à faire

---

1. Avis du Conseil d'Etat du 6 août 1883.

2. Gény, *Des droits sur les lettres missives* ; Thaller et Percerou, *Droit commercial.*

3. Colin et Capitant, *Droit civil.*

quelque chose pour l'autre, moyennant un prix convenu entre elles. » Ce contrat rentre, du reste, dans l'une des variétés du louage d'ouvrage dont la loi elle-même a reconnu l'existence : il n'est pas autre chose qu'un contrat de transport (1). La chambre civile de la Cour de cassation, dans son arrêt du 18 février 1902, qualifie nettement, d'ailleurs, les contrats conclus par la poste de « contrats de transport ».

La détermination de la nature qu'il convient d'attribuer aux rapports qui s'établissent entre l'administration des Postes et le destinataire est beaucoup plus délicate. En effet, le destinataire n'a pas traité avec elle et, selon certaines décisions judiciaires, il n'existerait aucun lien de droit entre le destinataire et la poste, celle-ci étant uniquement le mandataire de l'expéditeur.

D'après d'autres auteurs, comme il est évident que la poste a été instituée dans l'intérêt commun des expéditeurs et des destinataires, elle jouerait, à l'égard de ces derniers, le rôle d'un gérant d'affaires et serait soumise à toutes les obligations dont est tenu quiconque gère volontairement l'affaire d'autrui.

Toutefois, la notion de gestion d'affaires étant inconciliable avec celle de contrat, il paraît beaucoup plus rationnel de faire appel à l'idée de stipulation pour autrui. Lorsqu'une personne confie un objet à la poste, elle entend que le destinataire puisse se faire remettre cet objet. Il y a donc là une stipulation pour autrui, qui ouvre au destinataire le droit de réclamer la correspondance qui lui est adressée, de se plaindre en cas de perte ou de retard et même de demander, dans les limites et les conditions prévues par la loi, une indemnité si l'obligation contractée dans son intérêt n'a pas été régulièrement exécutée. Le destinataire est dès lors subrogé aux droits de l'expéditeur dans la mesure des avantages que celui-ci doit être présumé avoir stipulés à son profit.

Les règles qui régissent le contrat postal ne sont pas uniquement celles de droit commun, parce que c'est l'État qui se charge

---

1. Valéry, doyen de la faculté de droit de Montpellier, *Des lettres missives* ; Aubry et Rau, *Cours de droit civil français* ; Jardel, *La lettre missive*.

de la transmission des correspondances et que l'administration des Postes est un service public régi par des lois spéciales. Ce service, étant institué dans l'intérêt général et par les soins de l'État, ne revêt pas un caractère commercial. Cependant, il convient de lui appliquer, toutes les fois que les lois spéciales à la matière ne s'y opposent pas, les règles édictées en matière de transports par le Code civil (art. 1782 à 1786).

Une obligation particulière dérive du caractère de la poste envisagée en tant que service public. Puisque c'est un service public, il s'ensuit qu'il fonctionne au profit du public en général et qu'il n'y a aucun particulier à qui il puisse être interdit d'en faire usage : autrement dit, la poste est en état de pollicitation permanente et le contrat se forme par pollicitation d'une part et par acceptation d'autre part.

Il résulte également de ce caractère de service public, que les rapports de l'administration des Postes avec les particuliers sont déterminés par un ensemble de textes d'origine officielle, condensés dans un certain nombre de volumes qui constituent l'*Instruction générale sur le service des postes* approuvée par décision ministérielle. Aucune modification ne peut être apportée aux dispositions de ce règlement sans avoir été sanctionnée par le ministre.

L'autorité qu'il convient de reconnaître à ces différentes dispositions est variable suivant leur nature même. Lorsque l'Instruction générale reproduit la teneur d'une loi, d'un décret, d'une convention internationale, il est évident que ces textes jouissent de la force qui leur appartient naturellement. Mais lorsqu'elle trace aux agents la marche à suivre dans les diverses circonstances où peut les placer leur service, ses prescriptions lient-elles les tribunaux ? Peut-on considérer la décision et l'arrêté en vertu desquels l'Instruction générale a été mise en vigueur comme des actes rentrant dans l'exercice du pouvoir réglementaire du ministre ?

Cette opinion paraît avoir été adoptée par un arrêt de la cour de Nancy du 10 janvier 1846, confirmé par la Cour de cassation, le 24 novembre de la même année. Dans l'arrêt de la cour de Nancy, il est dit de l'Instruction générale que « ce règlement est parfai-

« tement légal, c'est-à-dire rendu dans les limites du pouvoir « réglementaire et qu'ainsi il doit être exécuté, sauf aux parties « à s'entendre amiablement entre elles avec l'administration, « pour en prévenir ou en diminuer les inconvénients. »

Mais les arrêts et les jugements postérieurs se sont bornés à considérer l'Instruction générale comme l'ensemble des conditions moyennant lesquelles l'administration des postes se charge de la transmission des correspondances. Dès lors, sauf sur les points réglés législativement ou par décret, qui ont force de loi ou de décret, les prescriptions de cette instruction ne possèdent que la valeur des clauses d'un contrat, mais elles en ont toute la valeur et, par conséquent, leur observation s'impose tant aux expéditeurs ou aux destinataires qu'à l'administration elle-même. La manière dont ces dispositions doivent être appliquées, la méthode à suivre dans leur interprétation doivent dès lors être empruntées à la théorie des obligations et non pas à celle de l'application des lois.

Théorie de la situation juridique dite « générale, impersonnelle » (1). — Aux arguments d'ordre fondamental opposés à la thèse du contrat par quelques juristes, les professeurs Jèze, Hauriou et Duguit notamment, on a cru pouvoir ajouter des objections complémentaires tirées de certaines dispositions de l'Instruction générale : ce sont questions oiseuses. Les particularités très spéciales du règlement qui pourraient n'être pas en harmonie parfaite avec cette thèse sont susceptibles, d'ailleurs, d'être rectifiées à tout instant, sans que ces modifications superficielles puissent avoir une influence quelconque sur les principes.

On a cru devoir faire état également de l'argument d'après lequel la notion de contrat, en droit civil, implique nécessairement la capacité civile des contractants, alors que, pour jeter une lettre à la boîte, cette considération est indifférente. Il suffira de répondre qu'une multitude de contrats sont accomplis, en fait, par les incapables, et que la vente, pour ne citer qu'un exemple, ne saurait

1. Jèze, *Les principes généraux du droit administratif.*

perdre son caractère contractuel parce qu'un enfant a loisir d'opérer lui-même de multiples achats.

Pour édifier leur théorie, les adversaires de la notion de contrat commencent par poser en principe que le service postal n'est pas un organisme comparable à une entreprise privée et que, par suite, au point de vue juridique, les situations ne sont pas identiques ainsi que le prétendent les auteurs de droit civil. Au point de vue économique et social, dit-on, l'organisation et l'exploitation sont orientées exclusivement vers l'intérêt général ; le service n'est pas dirigé en vue de retirer des bénéfices, mais pour favoriser le développement des relations commerciales, encourager la production économique, accroître la richesse générale, élever le niveau intellectuel et moral de la population, faciliter la communication des pensées : une entreprise particulière n'aurait pas ce souci et ne se préoccuperait que du développement de ses avantages matériels.

Il est superflu de discuter l'exactitude actuelle de ces idées ; mais il s'en faut qu'historiquement il en ait toujours été ainsi. Sans remonter à la ferme des Postes, qui apportait de magnifiques revenus au domaine royal, ou même à la petite poste, entreprise privée à l'origine, qui fut si rapidement annexée à la grande poste en raison des recettes considérables qu'elle produisait, le temps n'est pas encore lointain où les bénéfices de l'administration des Postes, simple régie financière, contribuaient pour une part appréciable à l'alimentation du budget. Ces considérations sur le rôle économique et social du service postal ne présentent d'ailleurs qu'un rapport assez lointain avec la question qui nous occupe. Aussi bien les partisans de la thèse du contrat n'ont-ils jamais cherché à nier, nous l'avons dit, que l'administration des Postes est un service public, institué par les soins de l'État dans l'intérêt général et qu'il ne revêt pas un caractère commercial.

Entrons donc dans le vif du sujet.

Dans le fonctionnement des services publics (car la thèse anticontractuelle a trait non seulement à la poste mais à tous les services publics : chemins de fer, transports, eau, gaz, électricité, etc...), la situation de la clientèle n'est pas contractuelle,

disent les partisans de cette opinion, parce qu'il n'y a pas accord de volontés. L'autorité administrative, seule, fixe unilatéralement les conditions précises dans lesquelles s'accomplira le service. Ni en fait ni en droit, les usagers n'interviennent et ne peuvent intervenir, et lorsque le service est érigé en monopole, le public n'a même pas la faculté de refuser de s'adresser à lui. Ces diverses obligations ne constituent pas seulement le fait, mais le droit. Bien plus, les préposés ne peuvent pas, en droit, sans commettre une faute engageant la responsabilité administrative ou même leur responsabilité personnelle, modifier à la demande d'une personne les règles établies. Donc, si la clientèle adhère au fonctionnement du service public, elle ne contracte pas. Il en est ainsi dans le service postal : les usagers ne discutent en aucune façon le règlement ; ils ne peuvent en obtenir, à quelque prix que ce soit, la modification ; il est le même pour tous, non pas seulement en fait, mais aussi en droit. Et c'est là, observe-t-on, un point qui semble avoir échappé aux partisans de la théorie des contrats d'adhésion, en ce qui concerne les services publics. Dans un grand magasin où les marchandises sont exposées avec des prix marqués, les clients sont traités en fait de la même façon ; mais aucune considération de fait ou de droit ne peut empêcher le commerçant de consentir des conditions particulières à tel ou tel acheteur. Cette méthode est absolument interdite dans les services publics où l'égalité constitue la règle fondamentale.

Dès lors, si la notion de contrat doit être écartée, quelle est donc, à l'égard du service public, la situation de l'usager ? C'est, dit M. Jèze, une situation juridique « générale, impersonnelle ». Toute personne remplissant les conditions fixées peut exiger le fonctionnement du service en conformité des lois et des règlements. Il n'y a pas là contrat ; le client manifeste sa volonté unilatérale de recourir au service public et les préposés ont le devoir fonctionnel d'agir dans les conditions légales et réglementaires. L'usager n'est pas créancier d'une prestation, et le service n'est pas tenu d'une dette envers lui. L'objet de la prestation n'est pas déterminé par le consentement des parties et les conditions d'exécution ne font pas et ne peuvent faire l'objet d'un accord

de volontés ; tout est unilatéral : organisation unilatérale du service public, manifestation unilatérale de la volonté du demandeur. La situation est la même que dans le fonctionnement de la justice, où, sur le recours du plaideur, le tribunal est obligé de juger; le recours n'est pas un contrat d'adhésion : c'est l'acte-condition pour que la compétence légale de l'autorité judiciaire puisse et doive s'exercer. Et l'on conclut ainsi :

1° Entre l'administration et l'usager, il n'y a pas de contrat ;

2° L'usager n'est pas dans une situation juridique individuelle ; la situation juridique est générale, impersonnelle ;

3° L'acte juridique par lequel les agents publics organisent le service est une loi, un règlement, c'est-à-dire la détermination de pouvoirs juridiques généraux et impersonnels ; la manifestation de volonté de l'usager réclamant une prestation n'est que l'exercice de ce pouvoir légal.

4° Cet acte est un acte-condition : la condition mise par la loi pour que s'exerce la compétence des agents chargés de faire fonctionner le service (1).

Discussion de la théorie de la situation juridique « générale, impersonnelle ». — Après avoir posé le principe de la thèse contractuelle, M. Berthélemy ajoute :

On conteste l'exactitude de cette affirmation : Il n'y a pas de contrat, dit mon collègue Jèze. L'administration ne s'engage pas envers l'expéditeur, moyennant un certain prix, à remettre au destinataire désigné l'objet qui lui est confié. Il y a un service public que les agents administratifs sont tenus fonctionnellement, et non contractuellement, de faire fonctionner dans les conditions réglementaires. — Querelle de mots, répondrai-je. Les agents sont tenus fonctionnellement à exécuter, pour le compte de l'administration, l'engagement qu'elle a pris de remettre à destination toute lettre confiée à la poste. Les employés du Bon Marché sont ainsi tenus, fonctionnellement, de remettre à l'acheteur un objet marqué au prix offert par l'administration des magasins. Pourquoi ce qui constitue une relation contractuelle dans les rapports de particulier à particulier cesse-t-il d'avoir ce caractère quand il s'agit d'une industrie d'Etat ? La portée de ces subtilités nous échappe (2).

Au fond, toute cette théorie est basée sur un seul argument : le régime égalitaire de droit est imcompatible avec l'idée de contrat, alors que le régime égalitaire de fait est conciliable avec cette notion.

L'argument ne laisse pas d'être spécieux, car, dans la multitude des contrats accomplis chaque jour, bien souvent la possibilité de discussion des clauses est aussi fermée dans le régime

---

1. Jèze, *Les principes généraux du droit administratif.*
2. Berthélemy, *Traité élémentaire de droit administratif.*

égalitaire de fait que dans le régime égalitaire de droit. Dès lors, cette possibilité absolument théorique et purement spéculative est, semble-t-il, une base particulièrement étroite et fragile pour différencier profondément des situations juridiques.

Quoi qu'il en soit, examinons tout d'abord si, en dehors des services publics, c'est-à-dire dans les relations privées, on ne se trouve pas fréquemment en présence à la fois d'un régime égalitaire de droit et néanmoins d'une situation contractuelle.

Un premier exemple, d'une portée très étendue, en est donné par la méthode de la vente au « prix imposé ». Les éditeurs et beaucoup d'industriels en tout genre imposent aux détaillants la vente de leurs produits à un chiffre marqué. Ils se garantissent d'ordinaire contre toute tentative contraire par un procédé régulier, légal, éminemment correct, qui est d'imposer aux revendeurs un contrat comportant l'obligation de ne pas vendre au dessous du tarif officiel. Un arrêt récent de la Cour d'appel de Paris, rendu à la suite de l'intervention de grands parfumeurs qui se plaignaient que leurs produits fussent cédés par certains détaillants au dessous du chiffre marqué, est allé beaucoup plus loin : il stipule que le fabricant d'un produit « a non seulement le droit « d'imposer un prix de revente au détail à ceux qui contractent « avec lui, mais que le respect des prix imposés s'impose même « à ceux des revendeurs qui écoulent ces produits dans le public « sans les avoir directement acquis du fabricant. » Le commerçant ne peut donc pas, « en droit », vendre ces objets à des conditions différentes sans s'exposer à des sanctions et, en particulier, à des amendes appliquées par les tribunaux. Or, malgré ce régime égalitaire de droit auquel il n'est pas possible d'échapper, la vente d'un livre, d'un flacon de parfumerie, d'une spécialité pharmaceutique constitue bien cependant un contrat. La méthode du prix imposé a pénétré d'ailleurs dans toutes les administrations postales : le régime des abonnements aux journaux n'est pas autre chose ; le particulier qui, dans un bureau de poste, s'abonne à une publication périodique, ne peut, ni en fait ni en droit, discuter le tarif de l'abonnement, qui est le même pour tout le monde ; toutefois ce régime égalitaire de droit n'est pas une

conséquence de la réglementation créée par les pouvoirs publics : il provient uniquement de la volonté de l'éditeur ; or c'est bien un contrat qui est conclu entre ce dernier et l'abonné.

Autre exemple : le distributeur automatique. Le mécanisme ayant été réglé pour fonctionner après l'introduction d'une pièce de monnaie déterminée, le proposant n'a pas la possibilité, ni en fait ni en droit, de modifier sa proposition au gré du demandeur : le régime égalitaire est absolu.

On peut encore, dans le même ordre d'idées, citer les contrats conclus avec les compagnies d'assurances sur la vie. La réglementation à laquelle elles sont soumises par l'État [1] leur interdit d'appliquer un tarif de prime inférieur au taux appelé « tarif minimum légal » et, comme le jeu de la concurrence les a conduites à faire application de ce tarif minimum légal, l'égalité est réalisée en droit.

Enfin, sans allonger outre mesure la série de ces exemples, on ne saurait passer sous silence l'intervention de l'autorité administrative pour la taxation de certaines denrées, le pain notamment, ainsi que pour la tarification des courses de voitures publiques complétée par le poinçonnage des compteurs.

Examinons maintenant la situation des services publics concédés dont les conditions de fonctionnement et notamment le prix des prestations sont réglementés par le pouvoir législatif ou par l'autorité administrative, qu'il s'agisse des chemins de fer, des transports, de l'eau, du gaz, de l'électricité, etc... La théorie d'après laquelle le régime égalitaire serait inconciliable avec la notion de contrat est en opposition formelle avec la loi écrite. Les compagnies concessionnaires sont des sociétés commerciales et leurs différends avec leur clientèle relèvent soit du tribunal civil soit du tribunal de commerce. Dès lors, puisqu'il y a compétence de la juridiction commerciale, on se trouve en présence d'un acte de commerce et par suite d'un contrat.

Etant établi, non par des théories mais par les stipulations de la loi, que les concessionnaires de services publics sont, à l'égard

1. Loi du 17 mars 1905.

des usagers, dans une situation contractuelle, serait-ce par cela seul que l'État se substitue à une entreprise que les rapports juridiques changeraient de nature et cesseraient de présenter un caractère contractuel ?

La preuve du contraire est donnée par la législation relative aux chemins de fer de l'État. En vertu de l'article 22 de la loi du 15 juin 1845, rappelé par le décret du 25 mai 1878, article 8, « en exploitant une ligne (l'administration des Chemins de fer de « l'État) fait un acte d'entrepreneur de transports et à ce titre « elle peut, comme les Compagnies concessionnaires, être tenue, « envers les tiers, d'obligations qui engagent sa responsabilité « devant la juridiction de droit commun (civile ou commer- « ciale), dans les termes des articles 631 et 632 du Code de « Commerce, 1382 et suivants du Code civil. » (1) Le raisonnement est le même : l'État chemins de fer étant justiciable du tribunal de commerce fait donc acte de commerce et par suite acte contractuel.

Dès lors pourquoi en serait-il autrement pour l'État administration des Postes ? Pour quels motifs le transport des mêmes imprimés, des mêmes objets de messagerie présenterait-il un caractère contractuel lorsqu'il est accompli par l'État chemins de fer et revêtirait-il une nature différente lorsque le transport en est confié à l'État administration des Postes ?

Conclusion. — En définitive, le seul argument fondamental présenté en faveur de la thèse de l'obligation légale, tombe devant l'examen des faits et des dispositions formelles de la législation.

Reste la thèse contractuelle : elle est soutenue, nous l'avons dit, par l'immense majorité des auteurs (il serait vain d'essayer de les citer) ; elle a été adoptée par le Conseil d'État, par la Cour de cassation et par la jurisprudence unanime des cours et des tribunaux ; c'est assez dire quelle haute autorité s'attache à cette opinion.

---

1. Tribunal des conflits, 22 juin 1889, VERGNIOUX.

Qu'il nous soit permis, à titre de conclusion, de citer un fragment des « attendus » du dernier jugement sur la matière recueilli par le *Bulletin officiel des Postes, des Télégraphes et des Téléphones* :

Attendu qu'au moment où des valeurs déclarées et soumises à la formalité du chargement sont mises au guichet de la poste il intervient, entre l'expéditeur et l'administration, un contrat de transport aux termes duquel l'administration s'engage, moyennant le versement d'une somme, à faire parvenir le pli à destination en observant toutes les dispositions réglementaires relatives au transport et à la remise des lettres ; que ces règles, édictées par le ministre dans l'intérêt général afin d'assurer tout à la fois la facilité et la rapidité des envois ainsi que leur sécurité, font la loi des parties [1].

Ainsi jugé par le tribunal civil de Lille, le 25 décembre 1902 : on ne saurait mieux dire.

---

1. *Bulletin* de 1903, p. 2.

DISPOSITIFS STATIQUES DE VENTILATION POUR CHAMBRES TÉLÉPHONIQUES SOUTERRAINES,

par Jean MAILLEY,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Dans un article publié par les Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones *en juin 1932, M. J. Chappuis a résumé les études effectuées sous sa direction par le laboratoire des recherches physiques de la Société du gaz de Paris, à la demande de la ville de Paris et de la direction des Services téléphoniques de Paris, sur la ventilation des espaces souterrains. Des recherches très approfondies, qui ont été entreprises et menées avec des moyens importants, ont permis de définir les conditions à assurer pour la ventilation des chambres souterraines et l'évacuation des fuites de gaz, de préciser les différents facteurs intervenant et leur ordre de grandeur et de déterminer les dispositions les meilleures à adopter. Les résultats fondamentaux obtenus apportent une contribution importante à la prévention des accidents dans les travaux souterrains.*

En rappelant certains points principaux mis en lumière dans le très remarquable exposé de M. Chappuis, nous décrivons ci-dessous les dispositifs de ventilation des chambres téléphoniques souterraines utilisés par la direction des Services téléphoniques de Paris, avant et après les recherches entreprises.

Les chambres souterraines utilisées par la direction des Services téléphoniques de Paris sont soit des chambres de sous-répartition, soit des chambres de tirage et de soudure établies sur les canalisations multiples.

Les premiers dispositifs de ventilation ont été établis en 1928 sur des chambres de canalisations multiples.

Ces dispositifs étaient analogues à ceux qui étaient antérieurement utilisés par la Société du gaz de Paris pour la ventilation de ses chambres souterraines de détendeurs. Ils comportaient deux orifices munis de grilles établies à la surface du sol et communiquant par des tuyaux aboutissant, pour un orifice à la partie supérieure de la chambre, et pour l'autre orifice à la partie inférieure de la chambre. Le débouché des tuyaux de ventilation dans la chambre avait lieu à chacune des extrémités de l'une des plus grandes diagonales du parallélipipède formé par les parois inté-

rieures de la chambre, d'où le nom de *ventilation diagonale* donné quelquefois à ce dispositif.

On admettait *a priori* la théorie suivante, à première vue satisfaisante, pour le fonctionnement de ce dispositif. En cas de fuite de gaz dans la chambre, le mélange gazeux, plus léger que l'air (« effet de densité »), s'évacuait par l'orifice supérieur, tandis que l'air frais, plus lourd, arrivait par l'orifice inférieur. L'atmosphère de la chambre se trouvait assainie par un courant d'air circulant dans sa plus grande diagonale. La ventilation résultant de l'effet de densité pouvait, lorsque la température extérieure se trouvait inférieure à la température de la chambre, se trouver accélérée par l' « effet de température ». On supposait évidemment d'une façon implicite, dans ces raisonnements, l'existence d'un « vent nul » à la surface du sol ou un effet égal du vent extérieur sur chacune des grilles.

Quoique le dispositif en question n'ait pas fait, jusqu'en 1929, l'objet d'une étude systématique, il avait été constaté, par expérience, que les chambres souterraines qui en étaient munies étaient plus sèches et moins sujettes à la condensation que les chambres ordinaires.

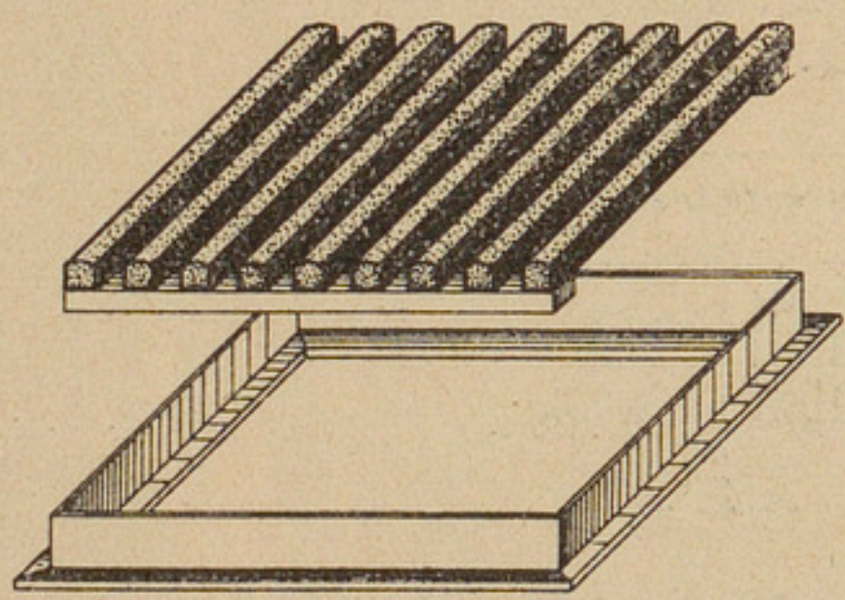


Fig. 1. — Grille de ventilation à barreaux au mortier de carborundum.

A la suite du grave accident, par explosion de gaz d'éclairage, qui s'était produit dans les canalisations téléphoniques de Londres (explosion de Holborn, le 20 décembre 1928), environ 250 chambres téléphoniques souterraines du réseau de Paris avaient été munies, au cours de l'année 1929, des dispositifs de ventilation diagonale.

La construction de ces dispositifs avaient fait l'objet d'une bonne mise au point. Les grilles étaient constituées par un cadre galvanisé en fers en T soudés, recevant un châssis mobile composé d'un assemblage de barreaux en fer en U galvanisés emplis de mortier au carborundum pour éviter le glissement des piétons (fig. 1). En vue d'éviter l'engorgement des tuyaux de ventilation par les poussières tombées de la grille, les tuyaux de ventilation

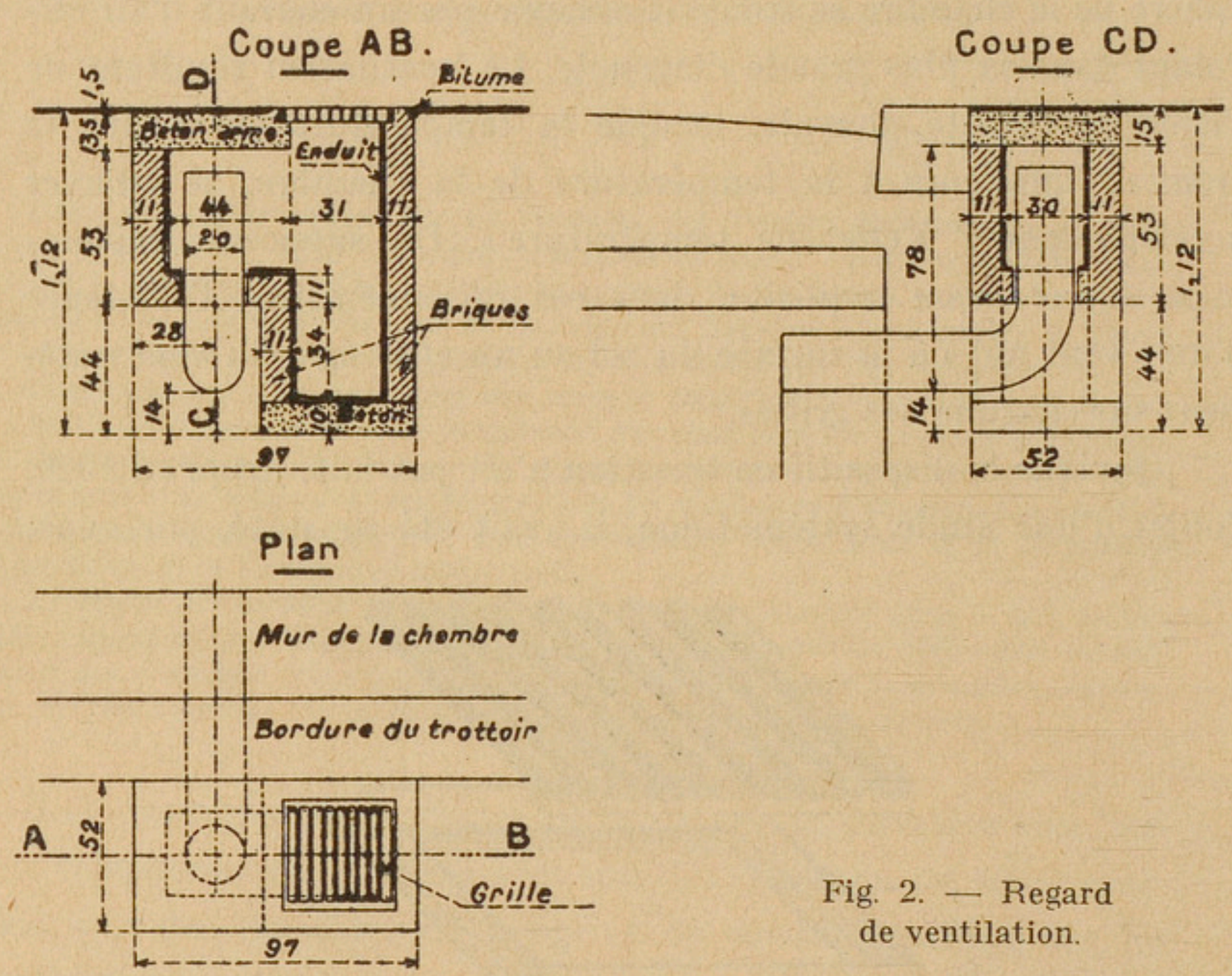


Fig. 2. — Regard de ventilation.

débouchent, non pas à l'aplomb de cette dernière, mais sur le côté, sous une dallette en béton armé (fig. 2). Un puisard, curé lors des visites périodiques d'entretien, permet de recueillir les eaux et poussières tombées par les grilles.

Les tuyaux de ventilation utilisés étaient des tuyaux en amiante-ciment de 20 centimètres de diamètre intérieur et de 5 millimètres d'épaisseur. La figure 3 montre la disposition respective, sous le trottoir, du tampon d'une chambre et des deux orifices de ventilation.

La ville de Paris ayant fait entreprendre des études d'un très grand intérêt sur la ventilation des galeries souterraines, il nous a

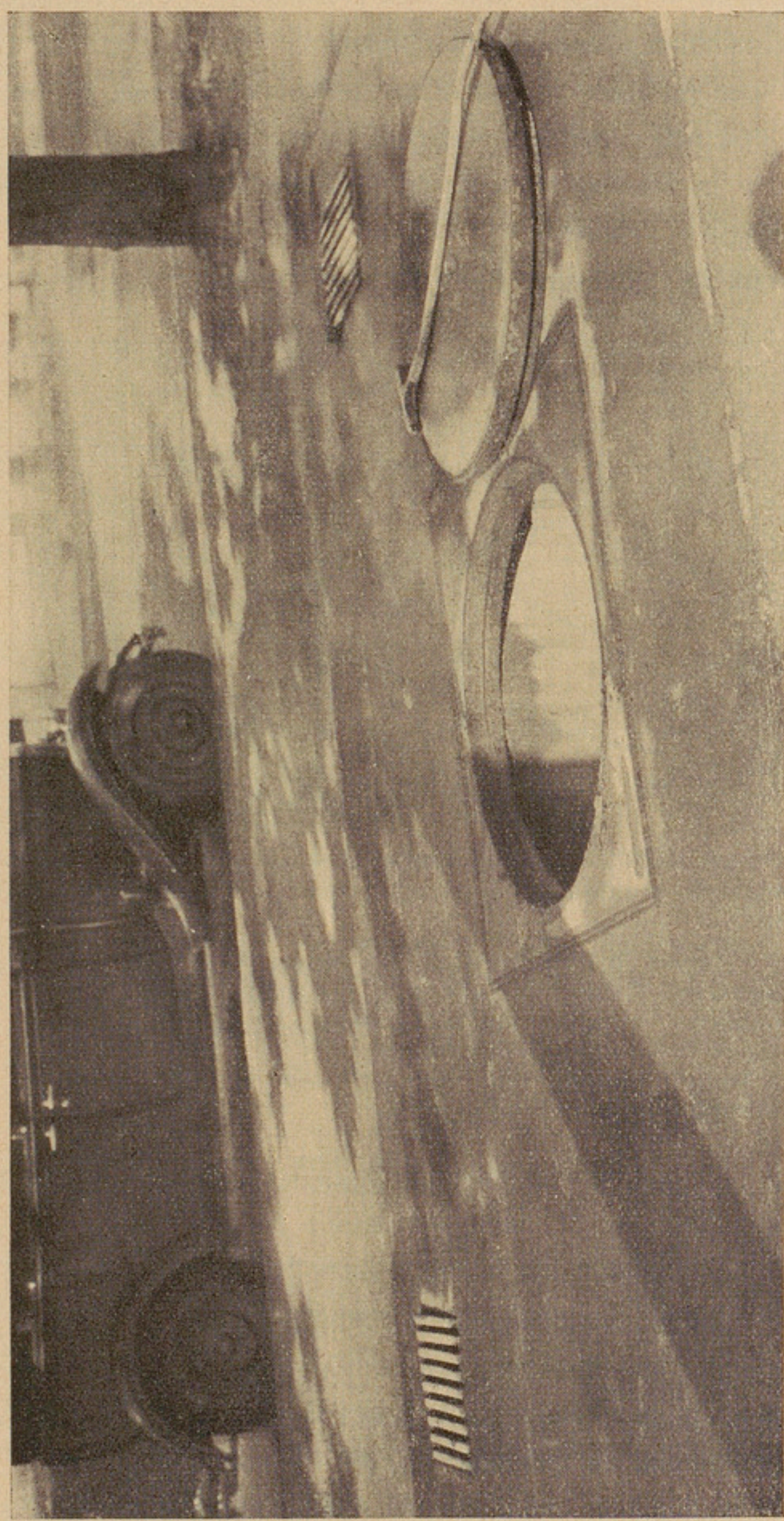


Fig. 3. — Position relative du tampon d'accès d'une chambre et des orifices de ventilation.

paru utile de demander l'extension de ces études aux chambres souterraines, en se plaçant dans des conditions d'expérimentation aussi voisines que possible des conditions de la pratique (construction d'une chambre souterraine d'expérience aux dimensions d'un type courant ; expérimentation avec fuites de gaz réelles).

Lors des recherches entreprises, les statistiques étudiées ont montré que :

1° Pendant 123 jours de l'année, la température extérieure est

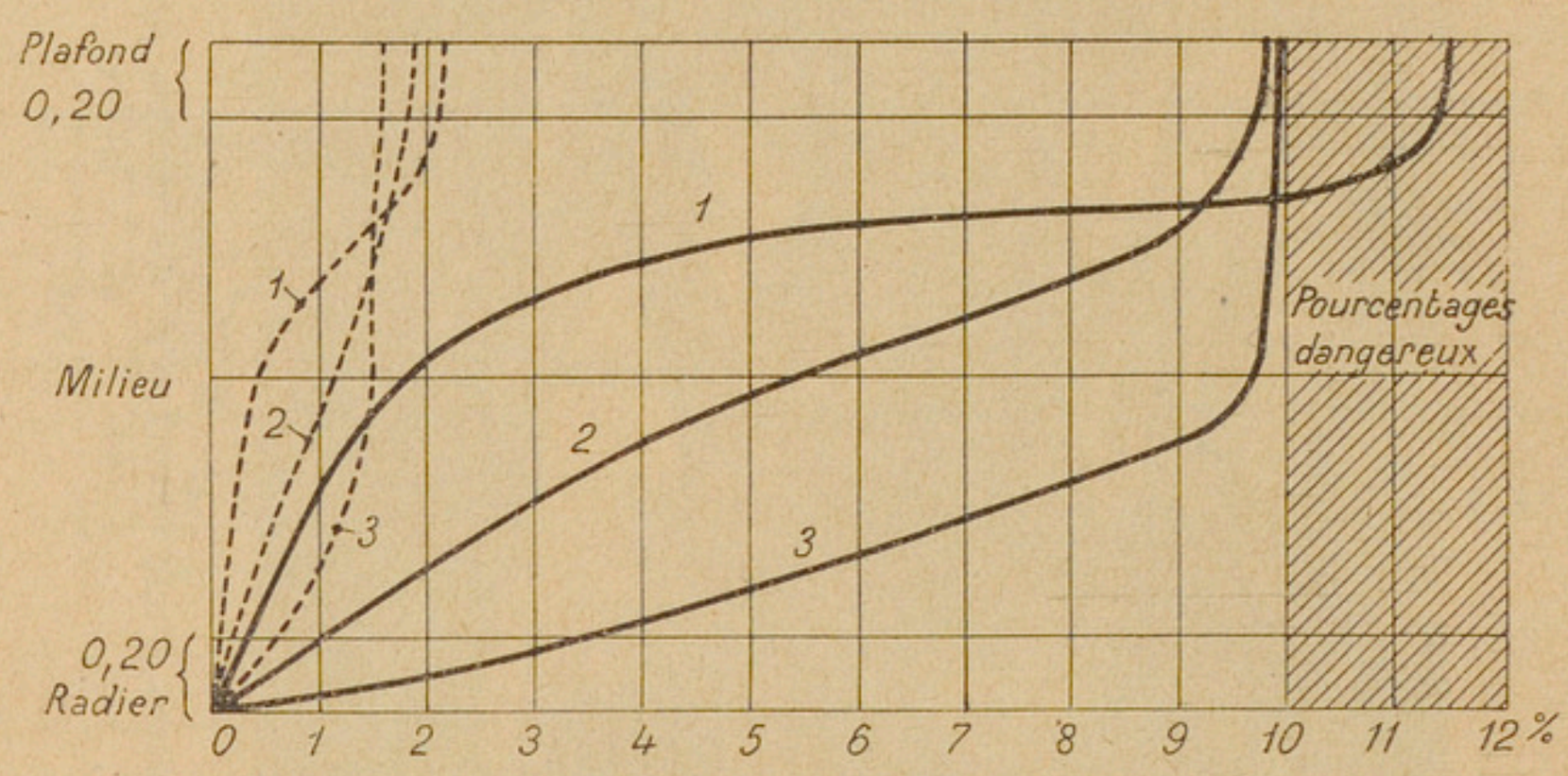


Fig. 4. — Courbes indiquant les proportions de gaz, dans l'atmosphère de la chambre, dans le cas d'un vent nul (l'effet de densité assurant seul la ventilation).

Section de ventilation : 240 centimètres carrés.

Courbes en pointillé : fuites de 1.000 à 1.200 litres à l'heure ;
Courbes en trait plein : fuites de 4.000 à 4.500 litres à l'heure.

Courbes 1 : fuites à 20cm du plafond ;
Courbes 2 : fuites au milieu de la hauteur ;
Courbes 3 : fuites à 20cm du radier.

inférieure à 12°, température sensiblement constante des chambres souterraines ; il y a ventilation continue ;

2° Pendant 110 jours, la température ne descend pas au dessous de 12° ; il n'y a aucune ventilation à espérer ;

3° Enfin restent 132 jours, pendant lesquels une faible ventilation se produira pendant les quelques heures où la température ambiante descendra au dessous de 12°.

Mais la ventilation due à cet « effet de température » est normalement extrêmement faible et ne devient un peu sensible que dans le cas de fortes différences de température. C'est ainsi que,

dans le cas de fortes gelées par temps calme, on distingue très nettement, sur les chambres munies du dispositif de ventilation diagonale, l'orifice de sortie de l'air de la chambre : cet orifice apparaît humide, alors que l'autre orifice et le trottoir sont couverts de glace ou de givre.

Les calculs effectués ont fait ressortir les faibles pressions mises en jeu dans le cas de fuites de gaz par « effet de densité », pour provoquer la ventilation, dans le cas de teneurs moyennes inférieures ou égales à la limite inférieure d'inflammabilité. La

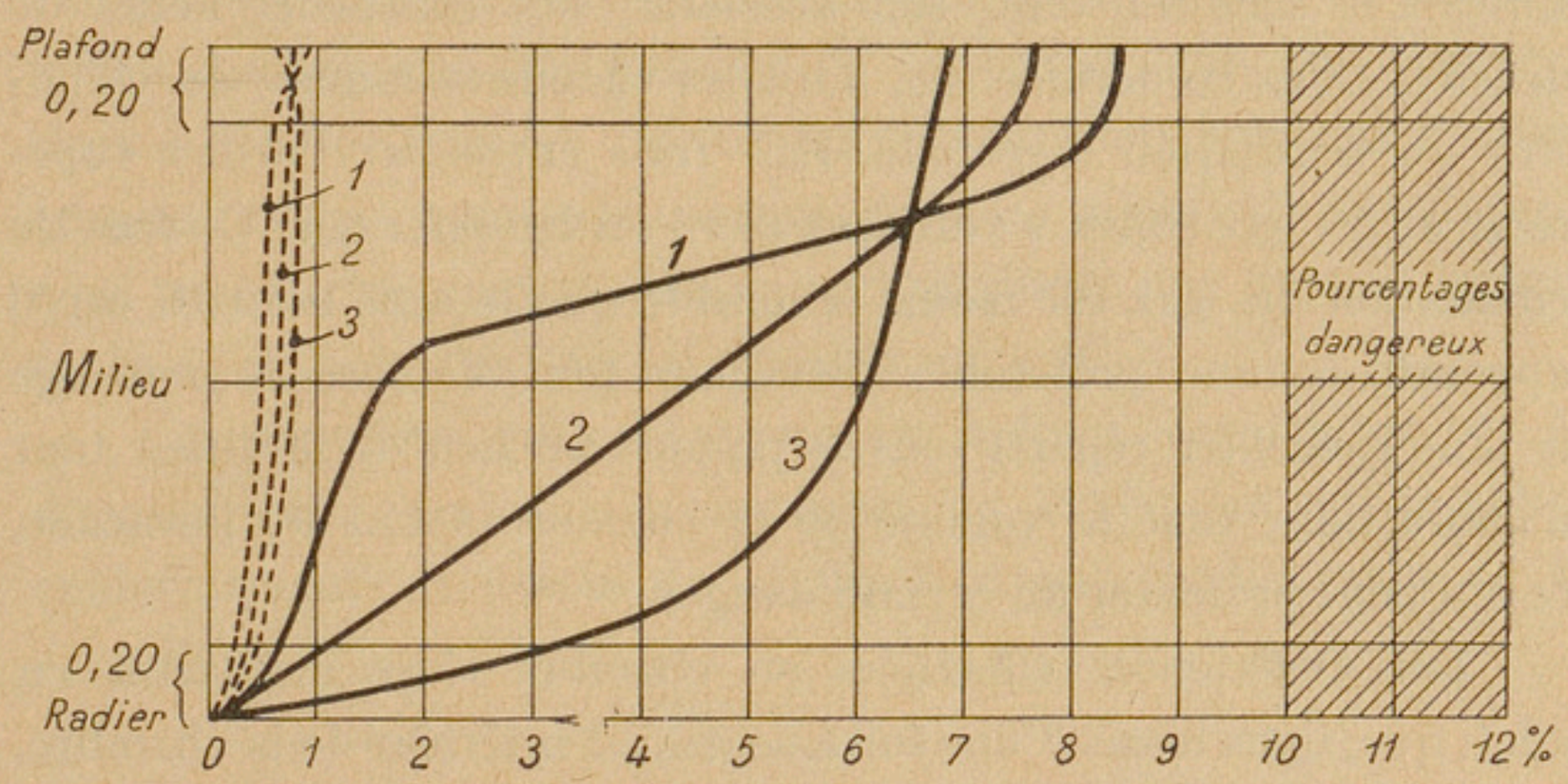


Fig. 5. — Courbes indiquant les proportions de gaz, dans l'atmosphère de la chambre, dans le cas d'un vent nul (l'effet de densité assurant seul la ventilation.

Section de ventilation : 640 centimètres carrés.

Courbes en pointillé : fuites de 1.000 à 1.200 litres à l'heure ;
Courbes en trait plein : fuites de 4.000 à 4.500 litres à l'heure ;
Courbes 1 : fuites à 20cm du plafond ;
Courbes 2 : fuites au milieu de la hauteur ;
Courbes 3 : fuites à 20cm du radier.

ventilation, par temps calme, résultant de l' « effet de densité » dans des chambres munies du dispositif de ventilation diagonale est cependant d'une efficacité très appréciable, ainsi qu'il résulte des courbes reproduites par les figures 4 et 5, puisqu'une chambre munie du dispositif avec ouverture de 6dm²,4 évacue, en régime permanent, des fuites de 4.000 à 4.500 litres à l'heure sans que l'atmosphère en aucun point atteigne la teneur limite inférieure d'inflammabilité.

La ventilation résultant de « l'effet de densité » se trouve,

toutefois, profondément modifiée par l'effet du vent sur les grilles. Les expériences effectuées ont attiré tout particulièrement l'attention sur ce point. L' « effet de pression » dû au vent est apparu, d'une façon générale, comme beaucoup plus important que « l'effet de densité ». Cet effet serait théoriquement nul si les grilles étaient systématiquement placées dans le lit du vent. Il n'en est pour ainsi dire jamais ainsi dans la pratique : des dyssymétries existent toujours (positions différentes des grilles, immeubles, arbres, longueurs différentes des tuyaux, etc...). L'effet de pression dû au vent peut, suivant le sens du vent, soit accélérer, soit contrarier l'effet de densité. Dans ce dernier cas, dans les chambres munies du dispositif de ventilation diagonale, l'air frais entre par l'orifice supérieur et les gaz légers s'évacuent par l'orifice inférieur. Ce sens de circulation des gaz est moins favorable que le sens normal, car il apparaît comme préférable d'évacuer tout d'abord le mélange le plus concentré réparti sous le plafond au lieu de le diluer tout d'abord dans tout le volume de la chambre avant de l'évacuer, ce qui peut présenter un certain danger.

Les expériences effectuées en chambre close montrent, en effet, que, dans le cas d'une fuite de gaz à l'intérieur de la chambre, un mélange de teneur plus élevée que la moyenne et par conséquent plus dangereux se formait tout d'abord à la partie supérieure de la chambre, sous le plafond. Toutes choses égales, la teneur initiale du mélange sous le plafond était d'autant plus élevée que la fuite était plus voisine du plafond. Le pourcentage en chaque point dans l'atmosphère de la chambre s'uniformisait ensuite en plusieurs heures, conformément à la loi sur le mélange des gaz. Il résulte de ces observations qu'il importe surtout, au point de vue de la sécurité, d'évacuer les gaz de la partie supérieure des chambres.

Ces considérations ont montré l'intérêt qu'il y avait à tirer parti de l'effet du vent pour ventiler spécialement la partie supérieure des chambres.

Au lieu de rechercher la symétrie des grilles dans le lit du vent, on a été amené à rechercher et à créer la dyssymétrie des grilles vis-à-vis du vent. Au lieu de faire déboucher les tuyaux à des hauteurs différentes, on a été amené à conseiller de les faire déboucher

tous deux à la partie supérieure de la chambre, de manière à assurer l'évacuation des gaz les plus dangereux qui se concentrent sous le plafond.

La dyssymétrie des grilles peut, par exemple, être créée pour les chambres de carrefour en plaçant les grilles le long des deux façades des immeubles d'angle ; ce procédé est évidemment d'un emploi exceptionnel. On a envisagé d'incliner légèrement les grilles l'une vers l'autre ou en sens inverse ; ce procédé n'est malheureusement pas possible sur des trottoirs plans. M. Chappuis a imaginé l'emploi de grilles à barreaux inclinés, qu'il a appelées « pièges à vent ». Le principe très heureux de ces grilles, qui sont disposées deux à deux de manière à présenter au vent leurs barreaux inclinés en sens inverse, permet le captage, dans les tuyaux de ventilation, d'un vent dérivé dont la vitesse peut atteindre une fraction importante de celle du vent au sol allant jusqu'à 30 %.

Les premières grilles à barreaux inclinés, construites par la direction des Services téléphoniques de Paris, ont été établies conformément au dessin de la figure 6 par modification de la

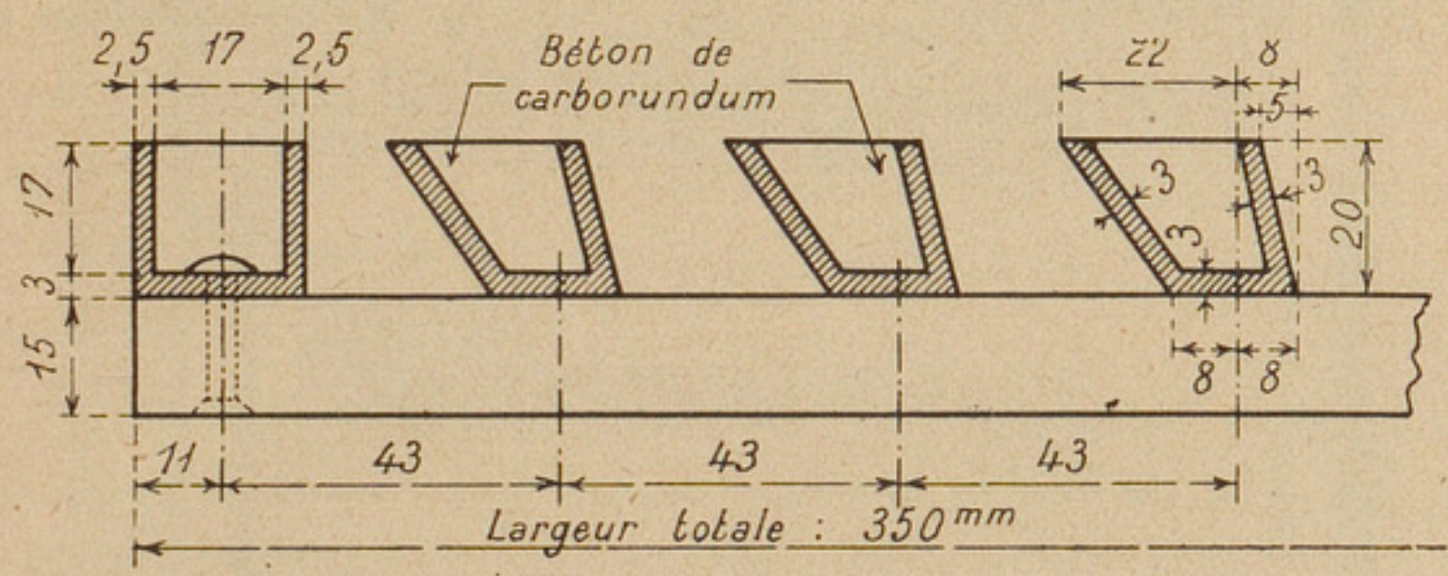


Fig. 6. — Grille de ventilation à barreaux trapézoïdaux.

grille à barreaux droits anciennement utilisée. Ce modèle, dont 500 exemplaires ont été utilisés, a fait ressortir certains défauts, dus à l'adhérence assez médiocre du mortier au carborundum dans les barreaux en forme de V tronqué.

Un modèle de grille à barreaux droits fins, d'un mode de construction intéressant, nous ayant été présenté au moment des essais des grilles à barreaux trapézoïdaux, nous avons conseillé au constructeur de réaliser, suivant le même mode de construc-

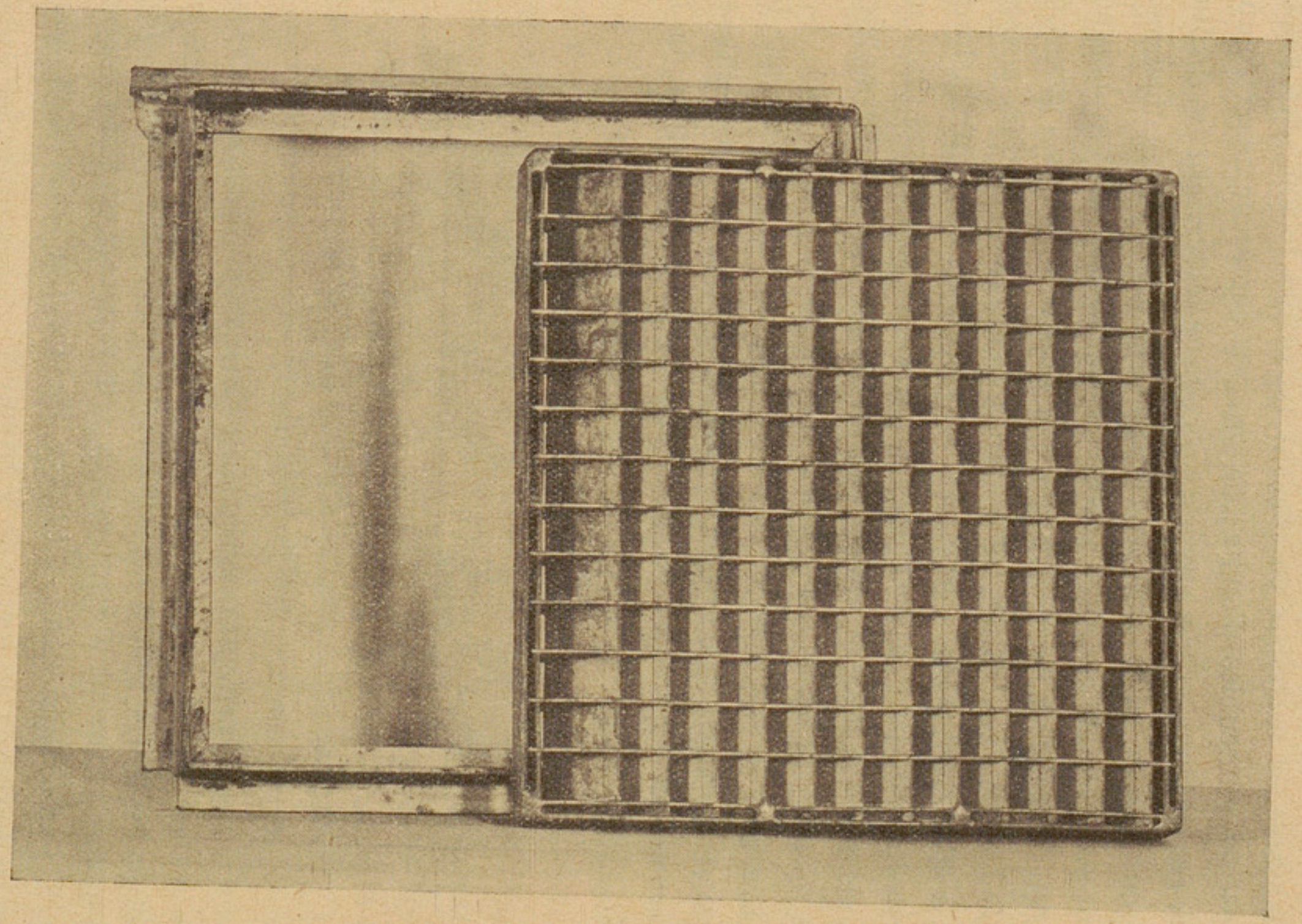


Fig 7. — Grille à barreaux inclinés.

tion, une grille à barreaux inclinés. Ce nouveau modèle de grille (fig. 7) a été mis en service à un nombre limité d'exemplaires en vue d'examiner l'encrassage en service courant et les qualités antidérapantes. Les essais ont démontré que le risque de glissement n'était pas à craindre, pas plus que l'encrassage, moyennant toutefois certaines modifications de détail. Ce dernier modèle de grille a l'avantage de présenter, à égalité de dimensions du cadre, une section d'écoulement des gaz de beaucoup supérieure aux grilles à barreaux de carborundum. Cette particularité nous a permis d'utiliser, pour les mêmes cadres, des tuyaux de ventilation de 30 centimètres de diamètre intérieur, dont l'épaisseur a été portée à 10 millimètres.

C'est avec ces dispositifs que sont réalisées, à Paris, les ventilations les plus récemment établies sur chambres souterraines.

Conclusions. — Les dispositifs de ventilation statique à deux orifices (1), convenablement établis, installés sur les chambres souterraines à plafond fixe, apparaissent comme d'une efficacité très réelle pour l'évacuation des mélanges de gaz dangereux (2). Ils contribuent, d'autre part, à l'assèchement de la chambre lorsque cette dernière est d'une construction étanche et ne reçoit pas d'eau d'infiltration par la conduite ou le tampon du regard d'accès.

Ils ne sont pas cependant d'un emploi absolument général. Sous chaussée, la faible résistance des grilles et l'encrassement des grilles et puisards rendent très difficile leur application. Il en est de même sous trottoir sablé, par suite de l'encrassement des grilles et puisards et des difficultés d'entretien.

Compte tenu des frais d'établissement et d'entretien qui

---

1. Les dispositifs à un seul orifice sont absolument inefficaces et leur emploi doit, en conséquence, être condamné.

2. Pendant 230 jours de l'année, où l'on peut compter sur un vent de $2^{m},50$ à la seconde, le dispositif est susceptible d'évacuer les produits d'une fuite atteignant jusqu'à 11 mètres cubes à l'heure sans que la teneur de l'atmosphère de la chambre atteigne la limite inférieure d'inflammabilité. Pendant les autres jours de l'année, on peut encore compter sur une efficacité satisfaisante, due à l'effet de vent, à l'effet de densité et à l'effet de température.

résultent de l'emploi des dispositifs de ventilation statique, l'application de ces derniers est indiquée sur les chambres de sous-répartition et les chambres de tirage et soudure établies sur des canalisations importantes, dont les tampons d'accès, ce qui est le cas général dans les grandes villes, sont établis sous trottoir recouvert d'un revêtement dur (asphalte, pavés à joints cimentés, plaques de granit, etc...).

L'emploi des dispositifs de ventilation statique, quoique apportant un complément de sécurité important, ne doit dispenser aucunement, pour les chambres qui en sont munies, de l'application des mesures de sécurité réglementaires pour l'exécution des travaux souterrains et des surveillances et contrôles périodiques de l'état des ouvrages.

SUR LA DÉFINITION ET LA MESURE DE LA RÉSISTANCE D'UNE PRISE DE TERRE,

par R. BIGORGNE et P. MARZIN,
ingénieurs des Postes et Télégraphes,
avec la collaboration de P. Nautet, capitaine aviateur. (1)

On dispose, pour mesurer la résistance d'une prise de terre, d'un grand nombre de méthodes et d'appareils, qui conduisent parfois à des résultats un peu différents : la confrontation de ces résultats peut donner à penser que la résistance d'une prise de terre est une grandeur mal définie.

Le but des essais dont on va rendre compte était de préciser la définition de la résistance d'une prise de terre, d'étudier les conditions de sa mesure et de déterminer l'influence qu'exercent certains facteurs sur le résultat trouvé.

I. Choix d'une définition. Disposition des prises de terre auxiliaires.

On sait que la plupart des méthodes utilisées pour mesurer la résistance d'une prise de terre exigent qu'on dispose non seulement de la prise de terre à mesurer X, mais encore de deux prises de terre auxiliaires A et B. La position donnée à ces prises auxiliaires dépend notamment de l'espace dont on dispose autour de la terre X : la forme de cet espace libre varie dans chaque cas, mais l'hypothèse la plus simple qu'on puisse formuler à ce sujet consiste à admettre qu'on dispose, autour de X, d'un terrain cir-

---

1. Les essais et expériences auxquels a donné lieu cette étude ont été grandement facilités par les moyens mis gracieusement à la disposition de l'Administration par le directeur de l'entrepôt spécial d'aviation n° 3 de St-Cyr, M. le lieutenant-colonel Kleindienst, qui a bien voulu désigner M. le capitaine aviateur P. Nautet pour collaborer aux essais.

culaire (fig. 1). La première question qui se pose est alors la suivante : comment choisir, à l'intérieur de ce cercle, la position des deux terres auxiliaires A et B ? La terre A étant prise aussi loin que possible de X (cette disposition sera justifiée plus loin), on peut, par exemple, placer B soit en B_1 (symétrique de A par rapport à X),

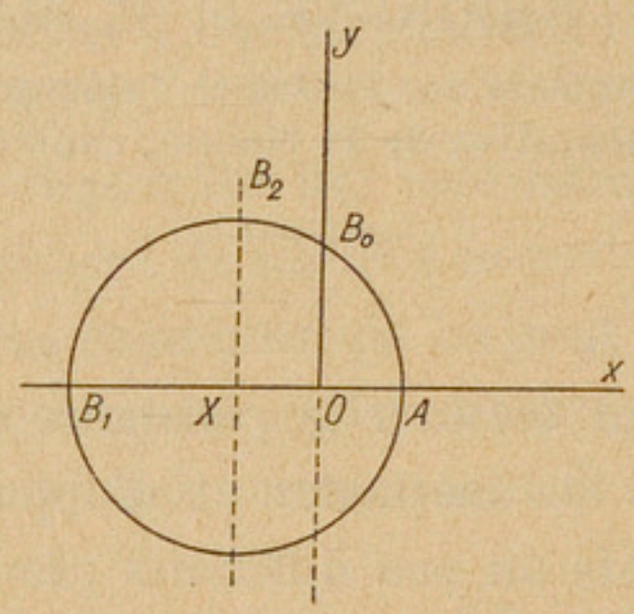


Fig. 1.

soit en B_2 (XA et XB_2 étant rectangulaires), soit en O (milieu de AX), soit enfin (pour limiter là le nombre évidemment infini des positions possibles) en B_0 (sommet du triangle équilatéral de base AX). Nous allons montrer que, pour un rayon donné d de

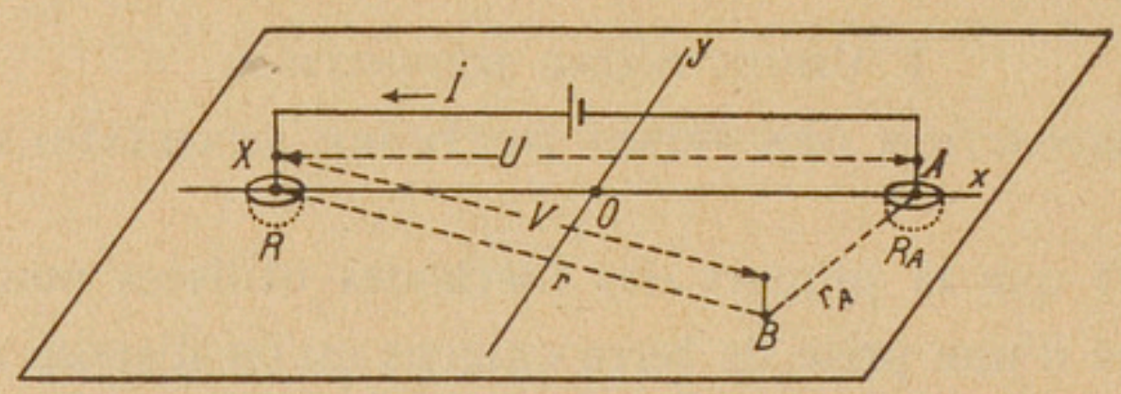


Fig. 2.

l'espace disponible, c'est à cette dernière position B_0 qu'on doit logiquement accorder la préférence.

La théorie permet de prévoir ce résultat. Si l'on maintient, entre deux électrodes métalliques X et A ayant la forme de deux hémisphères de rayons R et R_A enterrés dans un sol homogène de résistivité ρ (fig. 2), une différence de potentiel constante U, un courant continu d'intensité I s'établit dans le sol ; sous réserve que les rayons R et R_A soient petits vis à vis de la distance

XA $= d$, on peut démontrer [1] que la différence de potentiel V entre l'électrode X et un point B situé à la distance r de X et r_A de A a pour expression :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} + \frac{1}{r_A} - \frac{1}{d}\right). \qquad (1)$$

Lorsque B est choisi sur l'axe Oy du segment XA, r et r_A sont égaux et V conserve, le long de cet axe, une valeur constante :

$$V_0 = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d}\right)$$

ou, si l'on peut négliger $\frac{1}{d}$ vis à vis de $\frac{1}{R}$:

$$V_0 = \frac{I\rho}{2\pi R}.$$

Le quotient :

$$X_0 = \frac{V_0}{I} = \frac{\rho}{2\pi R} \qquad (2)$$

peut être pris comme définition de la résistance de la prise de terre X.

Ce choix est justifié par les considérations suivantes :

L'équation (1) appliquée à un point de l'électrode A s'écrit

$\left(\text{en négligeant } \frac{2}{d} \text{ devant } \frac{1}{R} + \frac{1}{R_A}\right)$:

$$U = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_A}\right) = I\left(\frac{\rho}{2\pi R} + \frac{\rho}{2\pi R_A}\right).$$

Ainsi la différence de potentiel totale U, appliquée entre l'électrode X et l'électrode A, est la somme de deux parties :

$$\frac{I\rho}{2\pi R} \quad \text{et} \quad \frac{I\rho}{2\pi R_A},$$

---

1. Nous empruntons ces résultats au cours d'électricité professé par M. L.-J. Collet, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, à l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes : la justification des formules utilisées ici est donnée en appendice.

et tout se passe comme si le circuit AX était constitué par deux résistances :

$$X_0 = \frac{\rho}{2\pi R} \quad \text{et} \quad A_0 = \frac{\rho}{2\pi R_A}$$

placées en série. X_0 ne dépend que des dimensions de l'électrode X et de la résistivité du sol ; A_0 ne dépend que des dimensions de l'électrode A et de la résistivité du sol ; comme l'équation

$$U = I\,(X_0 + A_0)$$

ne dépend pas de la distance AX (pourvu que cette distance soit grande vis à vis des dimensions des deux électrodes), on voit qu'il est logique d'adopter l'équation :

$$X_0 = \frac{\rho}{2\pi R} = \frac{V_0}{I}$$

comme équation de définition de la résistance de la prise de terre X.

Lorsque la prise de terre auxiliaire B n'est pas placée sur l'axe Oy de segment XA, le quotient $X = \frac{V}{I}$ prend une valeur qui diffère de X_0 :

$$X = \frac{\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} + \frac{1}{r_A} - \frac{1}{d}\right) = X_0 - \frac{\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_A}\right).$$

X est plus grand que X_0 lorsque B est placée (fig. 1) dans celui des deux demi-plans, limités par l'axe Oy, qui contient le point A ; X est plus petit que X_0 dans le cas contraire (lorsque B est placé en B_1 ou en B_2, par exemple).

Si donc on emploie, pour mesurer une résistance de terre, une méthode consistant à déterminer la valeur du quotient $\frac{V}{I}$, (I désignant l'intensité du courant qui circule entre la terre à mesurer X et une première terre auxiliaire A, et V désignant la différence de potentiel qui existe dans ces conditions entre la prise de terre X et une seconde prise de terre auxiliaire B), on voit qu'il faut choisir la prise auxiliaire B sur l'axe Oy du segment XA. Il est d'ailleurs avantageux de prendre B non pas au milieu O du segment AX, mais au contraire le plus loin possible de XA, car la variation de X dont s'accompagne un écart donné sur la position de B est d'autant plus petite que B est plus éloigné

de AX. C'est donc, en définitive, en B_0, point de l'axe Oy situé à la frontière de l'espace libre, qu'il est recommandé de placer la seconde terre auxiliaire [1].

L'expérience justifie ce choix, en confirmant dans leurs grandes lignes les résultats de la théorie. Les figures 4 et 5 indiquent les résultats obtenus en explorant, dans deux cas différents, la surface du sol au voisinage d'une prise de terre X ; on a marqué, sur ces figures, la position (fixe) de la première terre auxiliaire A ; les nombres inscrits en regard de chaque point représentent, exprimée en ohms, la valeur du rapport :

$$X = \frac{V}{I},$$

mesuré en plaçant au point considéré la seconde prise de terre auxiliaire B (cette prise de terre auxiliaire était constituée par un piquet métallique enfoncé dans le sol). La terre X avait été réalisée en creusant dans le sol un trou parallélipipédique d'un mètre de profondeur et de 50 centimètres de côté, en tapissant la fouille d'un grillage de cuivre à fines mailles, puis en remblayant et damant. Bien que X ait été mesuré à la fréquence de 800 p : s (alors que la théorie qui précède n'est valable qu'en régime continu), et bien que la distance AX ne soit pas très grande vis à vis des dimensions de l'électrode X, l'examen des figures montre que les variations de X en fonction de la position de B ont bien l'allure

---

1. La valeur de X qui correspond à un point B (fig. 3) de coordonnées x et y (OAx et Oy sont choisis comme axes de coordonnées) et qui est donnée par l'expression

$$X = \frac{\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} + \frac{1}{r_A} - \frac{1}{d}\right)$$

subit, lorsqu'on donne à la variable x un accroissement Δx, un accroissement ΔX égal à :

$\Delta X = \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{8\,\delta x}{d^2}$ lorsque le point B est au voisinage du milieu O de XA ;

$\Delta X = \frac{\rho}{2\pi} \times \frac{\delta x}{d^2}$ lorsque le point B est au voisinage du point B_0.

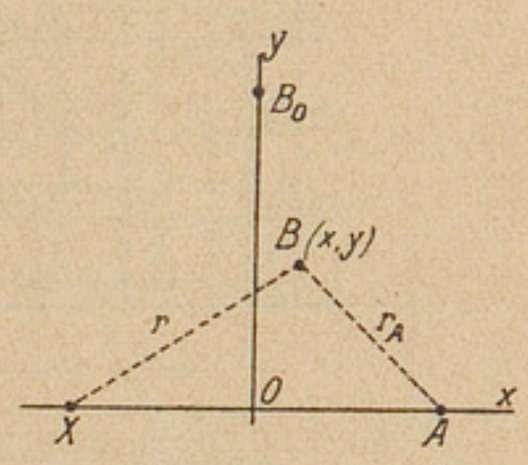


Fig. 3.

XA = d = XB$_0$;
XB = r ;
XB = r_A.

Pour un écart dx donné, la variation de X est 8 fois plus petite dans le second cas que dans le premier.

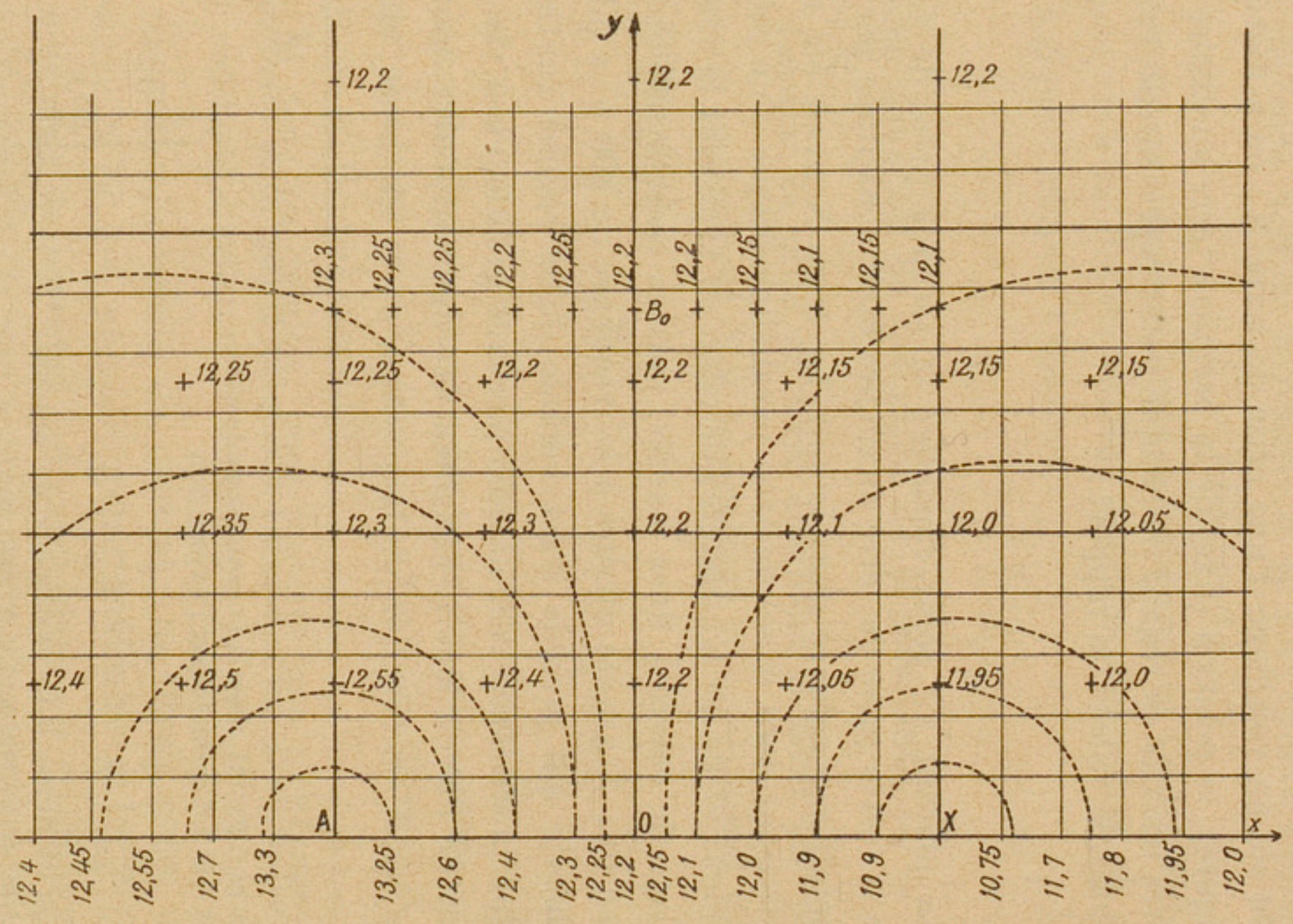

y
12,2
12,2
12,2
12,3
12,25
12,25
12,2
12,25
12,2
12,2
12,15
12,1
12,15
12,1
B₀
12,25
12,25
12,2
12,2
12,15
12,15
12,15
12,35
12,3
12,3
12,2
12,1
12,0
12,05
12,4
12,5
12,55
12,4
12,2
12,05
11,95
12,0
A
0
X
x
12,4
12,45
12,55
12,7
13,3
13,25
12,6
12,4
12,3
12,25
12,2
12,15
12,1
12,0
11,9
10,9
10,75
11,7
11,8
11,95
12,0

Fig. 4.

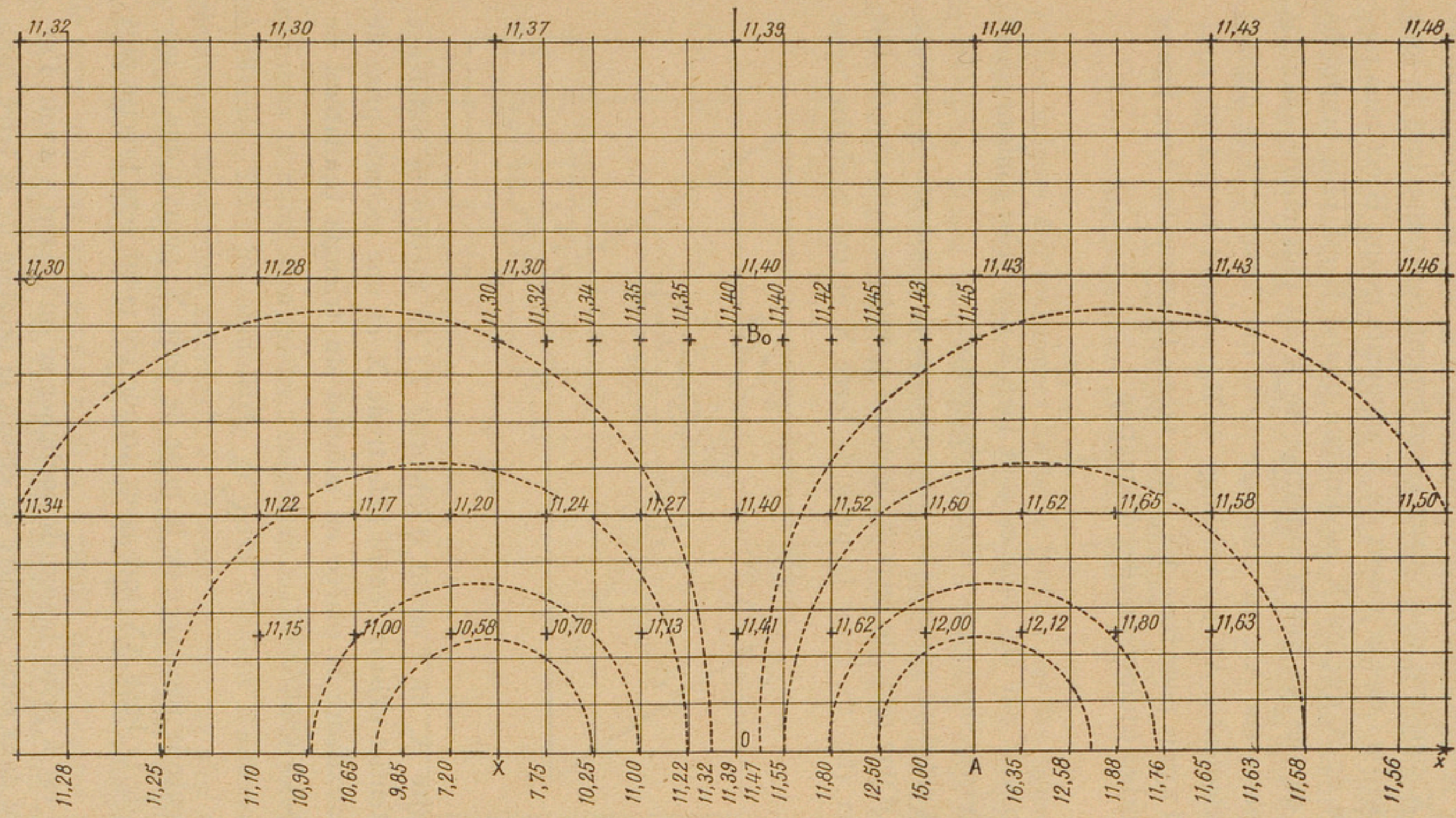

11,32
11,30
11,37
11,39
11,40
11,43
11,48
11,30
11,28
11,30
11,40
11,43
11,43
11,46
11,30
11,32
11,34
11,35
11,35
11,40
11,40
11,42
11,45
11,43
11,45
Bo
11,34
11,22
11,17
11,20
11,24
11,27
11,40
11,52
11,60
11,62
11,65
11,58
11,50
11,15
11,00
10,58
10,70
11,13
11,41
11,62
12,00
12,12
11,80
11,63
0
11,28
11,25
11,10
10,90
10,65
9,85
7,20
X
7,75
10,25
11,00
11,22
11,32
11,39
11,47
11,55
11,80
12,50
15,00
A
16,35
12,58
11,88
11,76
11,65
11,63
11,58
11,56
x

Fig. 5.

prévue par la théorie. On voit, en effet, que la valeur trouvée pour X conserve une valeur sensiblement constante tout le long de l'axe Oy ; que la valeur de X augmente quand B est plus rapproché de A que de X et diminue quand B est plus rapproché de X que de A ; que la variation de X est plus rapide quand B se déplace sur AX au voisinage de O que lorsque B se déplace parallèlement à AX au voisinage de B_0, sommet du triangle équilatéral ayant pour base AX. On a même tracé sur les deux figures les courbes équipotentielles d'équation

$$\frac{1}{r} - \frac{1}{r_A} = C^{te},$$

et l'on voit que ces courbes sont bien à peu près, conformément à la théorie, des courbes d'égale résistance.

Il est donc raisonnable d'adopter, pour la mesure de la résistance d'une prise de terre X, le mode opératoire suivant : On fait circuler (fig. 6), entre la prise de terre X et une première prise

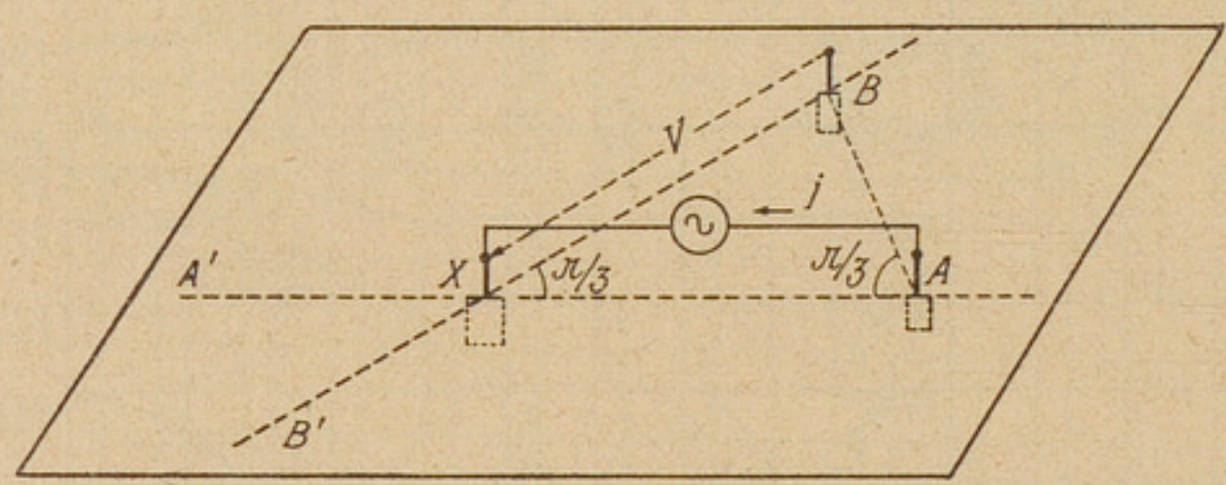


Fig. 6.

auxiliaire A, un courant d'intensité I ; on mesure la différence de potentiel existant entre l'électrode X et une seconde prise de terre auxiliaire B placée au sommet du triangle équilatéral de base XA ; le quotient :

$$X_0 = \frac{V}{I}$$

représente la résistance de la prise de terre X, pourvu que la longueur de la base AX soit assez grande (ce point sera précisé plus loin).

Il est à peine besoin de souligner ce qu'il peut y avoir d'arbitraire dans cette manière de choisir la position de la terre auxi-

liaire B ; mais, pour limiter le nombre des essais envisagés et pour rendre les résultats trouvés plus comparables, il était indispensable d'adopter une disposition-type des points X, A et B ; la disposition en triangle équilatéral qui vient d'être retenue en vaut une autre et elle est même, à certains égards, plus justifiée que toute autre disposition.

II. Conditions des mesures. Méthodes et appareils employés.

Les valeurs des résistances de terre portées sur les figures 4 et 5 ont été mesurées, ainsi qu'on l'a dit plus haut, à la fréquence de 800 p : s. D'une manière générale, on a renoncé, dans cette étude, à faire des essais en régime continu : les courants telluriques et les forces électromotrices de contact compliquent, en effet,

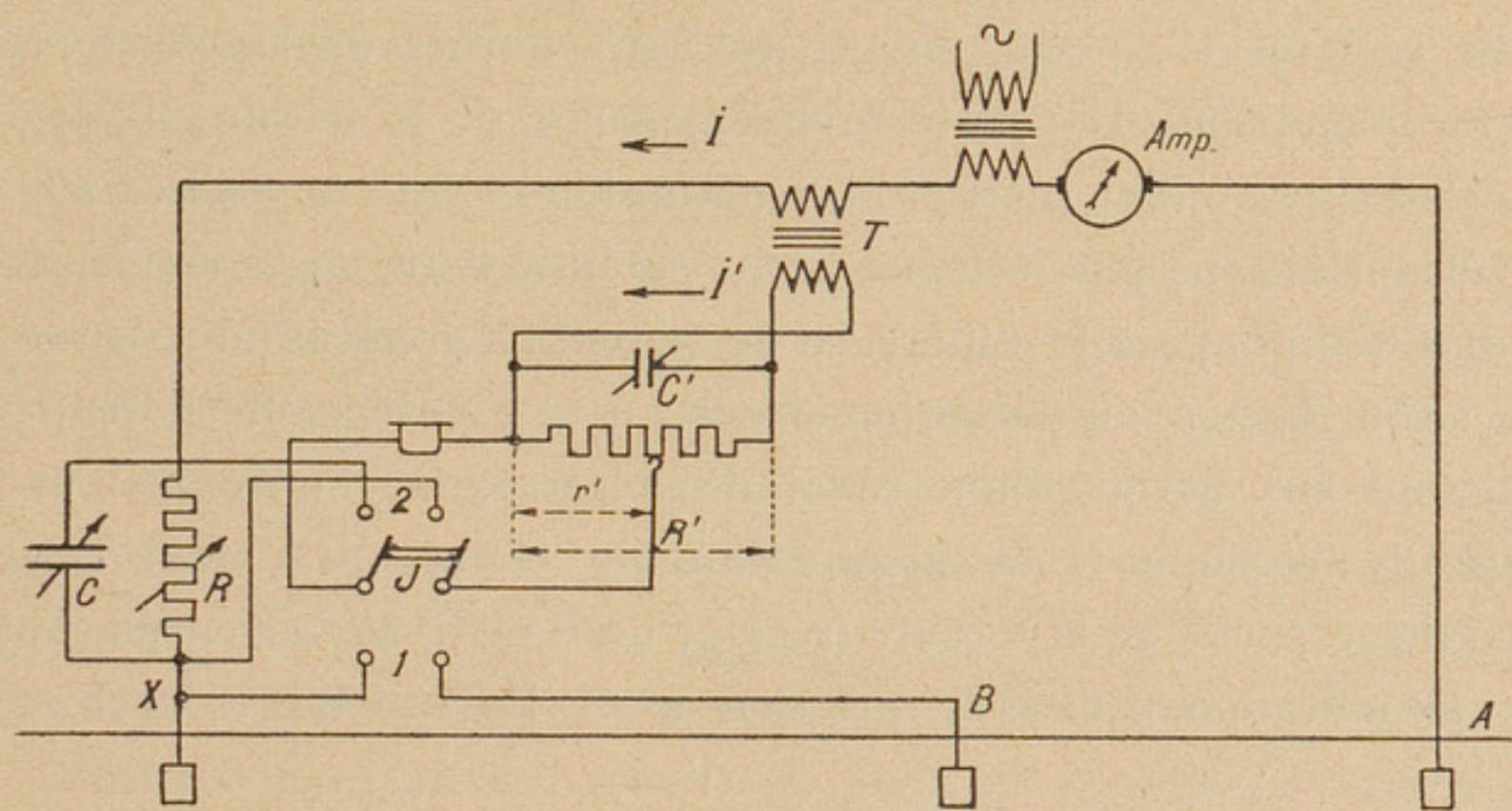


Fig. 7.

ces essais au point d'en rendre l'exécution malaisée et la précision insuffisante. Tous les ohmmètres de terre utilisent d'ailleurs un générateur de courant alternatif, et il était logique de s'en tenir à cette forme de courant. La fréquence des courants employés en pratique varie dans de larges limites, puisque certains ohmmètres de terre utilisent une source à 50 p : s tandis que d'autres comportent un générateur de courants harmoniques. Dans les essais dont on va rendre compte, on a opéré tantôt à la fréquence de

50 p : s, tantôt à des fréquences téléphoniques (400, 800, 1600, 2400 p : s). L'intensité des courants employés (courant circulant entre les terres X et A) variait, dans les différents essais, de quelques milliampères à plusieurs ampères.

La figure 7 représente le schéma de principe du montage employé. Le courant I circulant entre les terres X et A traverse le primaire d'un transformateur T ; la différence de potentiel $V = XI$ existant entre l'entrée de la prise de terre inconnue X et la prise auxiliaire B, est opposée, à travers un instrument de zéro (téléphone ou microampèremètre), à la différence de potentiel $r'I'$ prélevée aux bornes d'une fraction variable r' d'une résistance potentiométrique R' raccordée au secondaire du transformateur T (les deux enroulements de ce transformateur doivent présenter une capacité mutuelle très réduite) ; l'équilibre exact ne peut être obtenu qu'en complétant le montage par un condensateur réglable C', placé, en général, aux bornes de la résistance potentiométrique R' ; cette première partie de la mesure (réglage de r' et C') se fait en plaçant le commutateur J dans la position n° 1. Sitôt après, sans plus toucher ni au potentiomètre ni au condensateur C', on oppose la différence de potentiel prélevée aux bornes de la fraction r' du potentiomètre R' à la différence de potentiel existant aux bornes d'une résistance réglable R, shuntée par une capacité réglable C et placée dans le circuit primaire ; cette deuxième partie de la mesure (réglage de R et C) se fait en plaçant le commutateur J dans la position n° 2. La résistance inconnue

$$X = \frac{V}{I}$$

est représentée par la résistance R shuntée par la capacité C :

$$X = \frac{V}{I} = R\frac{1 - j\omega CR}{1 + \omega^2 C^2 R^2} = \frac{R}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}} \Big| \underline{-\text{arg . tg.}\,\omega CR.},$$

ω désignant la pulsation du courant de mesure.

D'une manière générale, toutes les résistances des prises de terre [1] mesurées à l'occasion de la présente étude présentaient

1. Les prises de terre réalisées à l'occasion des mesures étaient constituées soit par un grillage métallique enterré, soit par un certain nombre de piquets métalliques enfoncés dans le sol.

des arguments très faibles, de l'ordre du centième de radian, en tous cas inférieurs à 0,05 radian ($\omega CR < 5$ %) ; dans les résultats numériques donnés plus loin, on a indiqué seulement la valeur du module du rapport $\frac{V}{I}$.

III. Interprétation des résultats.

Examinons comment varient les différentes valeurs qu'on trouve pour la résistance d'une terre donnée, lorsqu'on fait varier la longueur d des basse (XA = XB = AB = d), la fréquence et l'intensité I du courant traversant la terre à mesurer.

1. Variation de la résistance en fonction de la longueur des bases. — La courbe 1 de la figure 8 représente la variation de la résistance d'une terre (réalisée en creusant un trou d'un mètre de profondeur et de 50 centimètres de côté) en fonction de la longueur des bases, pour un courant de mesure de 5 milliampères et une fréquence de 800 p : s ; en prenant les terres auxiliaires à 10 mètres de la terre à mesurer, la résistance trouvée diffère (par défaut) de moins de 3 % de la résistance mesurée en prenant les terres auxiliaires à 50 mètres ; cette dernière résistance est elle-même inférieure d'environ 1 % à la valeur obtenue en prenant les terres auxiliaires à 1 kilomètre.

Lorsqu'on veut s'entourer de toutes les garanties (et, en particulier, lorsqu'on ignore la façon dont est réalisée la terre à mesurer), il est recommandé d'opérer de la façon suivante. On effectue une série de mesures en faisant croître progressivement la longueur d des bases ; à partir d'une certaine valeur de d, la résistance trouvée cesse de croître d'une façon sensible (compte tenu de la précision de la méthode employée et des petites variations accidentelles de la grandeur qu'on mesure) ; la résistance correspondant à ce palier est la résistance cherchée. En pratique, on atteint le palier (à moins de 2 %) en plaçant les terres auxiliaires à une distance égale à 50 fois la distance maximum comprise entre l'entrée de la prise de terre et les différents points de l'électrode enterrée. En prenant

des bases plus courtes, on s'expose à une erreur par défaut, dont l'exemple cité plus haut indique l'ordre de grandeur.

La formule théorique (2) invoquée sous le titre II :

$$X_0 = \frac{\rho}{2\pi R}$$

est une formule approchée qui ne rend pas compte de la variation

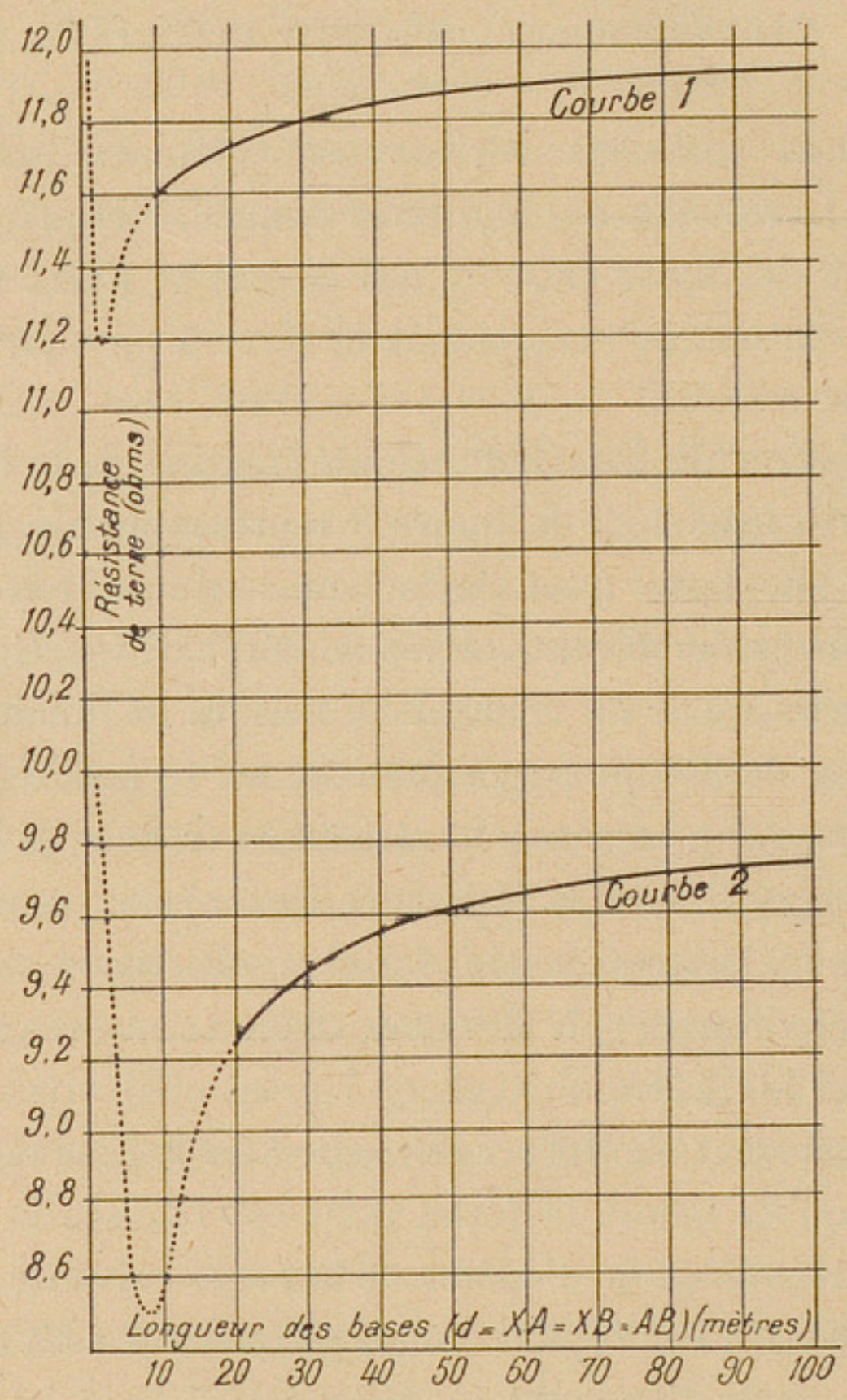


Fig. 8.

du résultat de la mesure en fonction de la longueur d des bases ; une meilleure approximation [1] est donnée par la formule :

$$X = \frac{}{2\pi}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d}\right) = X_0\left(1 - \frac{R}{d}\right). \qquad (3)$$

1. Voy. l'appendice.

Cette formule (dans laquelle R désigne le rayon de l'électrode, supposée hémisphérique, de la terre étudiée) montre que la résistance X mesurée avec des bases de longueur d est inférieure à la résistance limite X_0 (correspondant à des terres auxiliaires infiniment éloignées) et que l'erreur relative qu'on commet en adoptant des bases de longueur finie d est égale à $\frac{R}{d}$. Les prises de terre réelles n'ont jamais la forme hémisphérique ; si l'on désigne par R le rayon du plus petit hémisphère ayant son centre à la surface du sol et capable de contenir toutes les parties métalliques enterrées, et par d le côté du triangle équilatéral XAB, le rapport $\frac{R}{d}$ semble constituer une limite supérieure de l'erreur relative commise en prenant des terres auxiliaires à distance finie.

Les mesures dont les résultats sont représentés sur la courbe 1 de la figure 8 ont été faites en prenant les terres A et B sur deux demi-droites issues du point X et faisant un angle de 60 degrés ; on a inscrit en regard, dans le tableau suivant, les résultats ainsi obtenus sur une première ligne et, sur une seconde ligne, les résultats obtenus en prenant les terres auxiliaires sur les côtés de l'angle A'X B' (fig. 6) opposé par le sommet à l'angle mentionné ci-dessus. On voit sur cet exemple que la variation de la résistance en fonction de d a la même allure dans les deux cas.

TERRES AUXILIAIRES A et B, choisies :	LONGUEUR DES BASES d (mètres).									
	5	10	15	20	25	30	40	50	75	125
1. Sur les côtés d'un angle AXB de 60 degrés	11,42	11,62	11,70	11,75	11,79	11,82	11,87	11,89	11,93	11,97
2. Sur les côtés de l'angle A'XB' opposé par le sommet.	11,39	11,62	11,72	11,73	11,78	11,80	11,86	11,89		

La faiblesse des écarts qu'accusent les nombres de la première et de la deuxième ligne du tableau résulte notamment, dans le cas cité, de l'homogénéité du terrain. On a constaté, au contraire, dans

d'autres cas, que la loi de variation de la résistance en fonction de *d* dépend plus ou moins de l'orientation des deux demi-droites XA et XB sur lesquelles on choisit les terres auxiliaires ; mais, en prenant *d* suffisamment grand, on finit toujours par atteindre une valeur limite de la résistance indépendante (à moins de 1/2 %) de l'orientation de l'angle AXB.

2. **Remarque sur le sens de la variation de la résistance mesurée en fonction de la longueur des bases.** — La courbe 1 (en trait plein) de la figure 8, qui représente les variations de la résistance d'une prise de terre dont la plus grande dimension est de l'ordre d'un mètre, a été tracée pour des longueurs de base variant de 10 à 100 mètres ; les mesures qu'on peut faire en prenant des terres auxiliaires à une distance de la terre étudiée inférieure à 5 mètres n'ont pas grande signification, puisqu'elles ne correspondent plus du tout aux conditions d'une définition théorique précise ; on a néanmoins prolongé la courbe en pointillé pour montrer comment varie le résultat de la mesure quand on choisit les deux terres auxiliaires à proximité immédiate de la terre mesurée : on voit que, lorsqu'on écarte les terres auxiliaires A et B de la terre étudiée X (les trois points X, A et B étant aux sommets d'un triangle équilatéral), la résistance trouvée commence par décroître, passe par un minimum, puis recommence à croître en tendant vers une limite.

Dans le cas particulier considéré ici (électrode contenue dans un hémisphère d'un mètre de rayon), le minimum de la résistance est observé quand on place les terres auxiliaires à environ 3 mètres du centre de la prise de terre mesurée.

Dans le cas d'une prise de terre constituée par un puits profond, la courbe atteint son minimum pour une longueur de base plus considérable. Cette forme de la courbe (courbe 2 de la figure 8) s'explique aisément. La partie active de la prise de terre est souvent constituée par les couches profondes du sol (couches aquifères) ; en raison de la conductibilité relativement faible des couches superficielles, quand on prend les terres A et B en A_1 B_1 (fig. 9) c'est-à-dire très près de la sortie X de la prise de terre étudiée, on se trouve,

malgré la proximité géométrique des points X, A_1 et B_1, dans le cas où les prises A_1 et B_1 sont très voisines l'une de l'autre mais sont toutes deux très éloignées de la partie active X_0 de la prise de terre étudiée : on a vu plus haut (Titre I, fig. 4 et 5) qu'on trouve bien, dans ces conditions, pour la terre mesurée, une valeur trop grande, d'autant plus grande que le rapport $\frac{AB}{AX_0}$ est plus petit ; lorsqu'on fait croître la longueur d des bases, le rapport $\frac{AB}{AX_0}$ augmente et la résistance mesurée diminue tant que la distance des terres auxiliaires A et B (placées en A_2 B_2) reste petite par rapport à la profondeur XX_0 des couches conductrices ; si l'on continue à

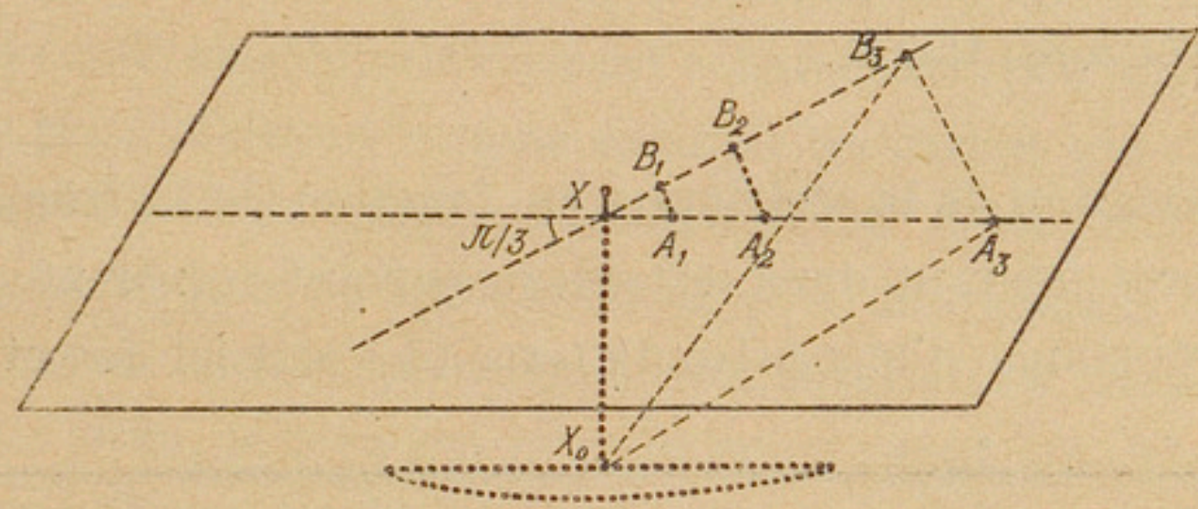


Fig. 9.

éloigner les terres auxiliaires A et B (A_3 B_3 = d devenant de l'ordre de plusieurs fois la profondeur XX_0), la résistance trouvée cesse de diminuer ; les points X_0, A_3 et B_3 se retrouvent alors, en effet, sensiblement aux trois sommets d'un triangle équilatéral et, si l'on fait croître encore le côté d de ce triangle, on peut constater, à partir de ce moment, que la résistance mesurée tend (en croissant d'une manière plus ou moins sensible) vers une limite qui doit être considérée comme la valeur correcte de la résistance cherchée.

Ainsi, dans le cas d'une bonne terre prise dans les couches profondes du sol, on commence par observer, pour les faibles longueurs des bases, une diminution de la résistance lorsque la longueur des bases augmente : cela est dû au fait que la longueur des bases est alors insuffisante et qu'on se trouve dans la zone perturbée où les considérations développées plus haut, (et, en particulier, la disposition en triangle équilatéral des points X, A

et B) perdent leur signification ; mais, dès que la longueur des bases devient de l'ordre de plusieurs fois la profondeur XX_0 des couches conductrices (constituant la partie active de la terre étudiée), le phénomène reprend son allure normale.

Cette observation souligne la nécessité du mode opératoire indiqué plus haut : pour déterminer la valeur d'une terre X, on ne doit pas se contenter d'effectuer une mesure unique en choisissant les terres auxiliaires A et B au hasard : il est nécessaire de construire la courbe représentant la variation de cette résistance en fonction du côté *d* du triangle équilatéral XAB. L'allure de cette variation renseigne sur la nature de la terre étudiée, et la résistance de cette dernière est représentée par l'ordonnée de l'asymptote de la courbe ainsi tracée.

3. Variation de la résistance en fonction de la fréquence. — Les nombres figurant dans le tableau suivant montrent comment varie la résistance d'une prise de terre (il s'agit ici de cette même

LONGUEUR DES BASES *d* (mètres).	FRÉQUENCE (périodes par secondes) :			
	400	800	1.600	2.400
5	11,47	11,42	11,36	11,32
10	11,65	11,62	11,55	11,51
20	11,82	11,75	11,69	11,65
50	11,93	11,89	11,83	11.77
75	11,97	11,93	11.89	11,86

prise de terre considérée plus haut, dont les variations sont représentées par la courbe 1 de la figure 8) lorsqu'on fait varier la fréquence du courant employé. On voit que, pour deux terres auxiliaires données et pour un courant de mesure d'intensité donnée (5 milliampères), la valeur trouvée pour la résistance d'une prise de terre diminue légèrement lorsque la fréquence augmente : la variation relative ne dépasse pas 1,5 % lorsque la fréquence passe de 400 à 2400 p : s.

4. Remarque relative à la précision des résultats. — Certains des résultats cités précédemment sont donnés comme justes à 1 /1000 près. Cette précision (qu'autorisait largement la sensibilité de la méthode de zéro employée) peut paraître exagérée en raison des variations que subit avec le temps la grandeur mesurée : mais on s'est affranchi de cette cause d'erreur en répétant très fréquemment la mesure dans des conditions déterminées (fréquence, courant, terres auxiliaires déterminés) constituant en quelque sorte des conditions repères, si bien qu'on peut comparer les nombres cités plus haut en tenant compte de tous leurs chiffres significatifs.

On a d'ailleurs constaté, au cours des essais, que la variation que subit, en fonction du temps, la résistance d'une terre mesurée, dans des conditions déterminées est relativement peu importante [1]. La terre prise ci-dessus comme exemple ne variait pas d'une heure à l'autre de plus de quelques millièmes (en valeur relative) et ne variait pas du jour au lendemain de plus de quelques centièmes ; une pluie abondante de plusieurs heures réduisait sa valeur de moins de 10 % ; enfin, le trou qui la constituait ayant été débarrassé de la toile métallique, remblayé et abandonné, puis utilisé de nouveau, au bout d'une semaine, pour réaliser une prise de terre du même type, on constatait que la résistance de la nouvelle terre différait de 5 % de la résistance de la terre primitive.

Ces nombres ne prétendent à aucune généralité ; ils montrent néanmoins qu'une résistance de terre est une grandeur relativement stable et qu'il n'est pas déraisonnable de la mesurer avec précision.

5. Variation de la résistance en fonction de l'intensité du courant de mesure. — Le tableau suivant permet de se rendre compte de la variation de la résistance d'une prise de terre (la prise de terre considérée plus haut) en fonction de l'intensité du courant de mesure, à la fréquence de 50 p : s, pour différentes longueurs de bases.

L'examen des nombres contenus dans ce tableau montre que,

1. Il n'est pas question ici des variations que subit, *d'une saison à l'autre*, la résistance d'une prise de terre, variations qui, dans certains terrains, peuvent être considérables.

pour un courant I donné, la résistance mesurée à 50 p : s croît lentement lorsque la longueur d des bases augmente ; on avait constaté, à 800 p : s, une variation analogue.

Pour des terres auxiliaires données, la résistance varie un peu avec l'intensité I du courant de mesure ; dans le cas des terres mesurées à l'occasion de la présente étude (terres de résistance comprise entre 5 et 50 ohms, constituées soit par un grillage enterré, soit par des piquets enfoncés dans le sol), l'amplitude de la variation de la résistance ne dépassait pas, en général, 2 % lorsque le courant de mesure demeurait compris entre 50 milliampères et 1 ampère.

On a inscrit dans le tableau les valeurs de la résistance étu-

LONGUEUR des bases d (mètres).	RÉSISTANCE (EN OHMS) DE LA TERRE MESURÉE			
	à 800 p : s avec un courant I de 5 mA.	à 50 p : s avec un courant I de		
		50 mA.	200 mA.	1.000 mA.
5	11,4	11,7	11,75	11,65
10	11,6	11,90	11,95	11,85
20	11,75	12,0	12,0	11,85
50	11,9	12,1	12,2	12,05
75	11,95	12,2	12,25	12,05

diée, mesurée à 800 p : s (avec un courant I de 5 milliampères) : les valeurs mesurées à 50 p : s sont un peu supérieures aux valeurs mesurées à 800 p : s, sans que la différence excède, en général, 3 %.

Les résultats numériques cités plus haut représentent le module de l'impédance mesurée ; pour toutes les terres étudiées, l'argument de cette impédance ne dépassait pas quelques centièmes de radian ; pour une terre donnée, cet argument conservait, en général, une valeur (négative) sensiblement indépendante de la fréquence et de l'intensité du courant de mesure.

6. Remarque relative à la signification des résultats cités. — Il convient de bien préciser ici qu'on ne s'est pas préoccupé,

au cours des essais, de rapprocher les conditions des mesures des conditions réelles d'emploi des terres étudiées, mais bien des conditions de fonctionnement des ohmmètres spéciaux le plus couramment employés pour vérifier la qualité des prises de terre ; c'est pourquoi on a limité à une valeur relativement faible l'intensité des courants de mesure, alors que certaines des terres étudiées étaient établies pour supporter des courants bien plus importants.

7. Variation de la résistance de la terre mesurée en fonction de la résistance des terres auxiliaires. — Pour une longueur donnée des bases, pour une fréquence et une intensité données du courant de mesure, la résistance trouvée est indépendante de la valeur des résistances des terres auxiliaires ; toutefois il est toujours préférable (notamment pour des raisons de sensibilité) d'employer des terres auxiliaires peu résistantes.

8. Remarque relative aux inconvénients que peut présenter le choix de terres auxiliaires lointaines. — Les considérations théoriques développées plus haut (Titre II ; voy. aussi l'appendice) montrent qu'on a intérêt à choisir des terres auxiliaires A et B aussi éloignées que possible de la terre X étudiée ; cependant le choix de terres auxiliaires lointaines soulève un certain nombre d'objections, d'ordre théorique et d'ordre pratique.

L'installation de mesure étant placée au voisinage immédiat de la terre X étudiée, il faut que les deux conducteurs aboutissant aux terres auxiliaires A et B soient bien isolés du sol et ne présentent, par rapport à ce dernier, aucune capacité notable ; cette double condition peut être aisément remplie pour une longueur de base de quelques centaines de mètres ; mais elle est plus difficile à réaliser lorsqu'on choisit les terres auxiliaires à plusieurs kilomètres de la terre étudiée ; il est nécessaire, dans ce dernier cas, d'avoir recours à des lignes bien établies ; mais, même lorsqu'on utilise de la sorte, pour raccorder les terres auxiliaires A et B à l'installation de mesure, deux fils bien isolés et placés à une distance relativement grande du sol, on peut craindre que les conditions particulières dans lesquelles se propagent sur ces fils les courants alternatifs de mesure (en raison de la perditance et de la capacité,

réduites mais inévitables, que présentent ces fils par rapport au sol) ne faussent les résultats lorsque les terres auxiliaires sont très éloignées.

Une autre cause d'erreur est à redouter dans le cas de mesures effectuées en courant alternatif avec des bases de plusieurs kilomètres : les deux circuits que la terre forme d'une part avec le fil XA et d'autre part avec le fil XB sont couplés et la différence de potentiel V qu'on observe entre X et B est la résultante d'une chute de tension ohmique et d'une force électromotrice d'induction mutuelle.

Une des conséquences qu'on pourrait attendre de ces phénomènes secondaires est un déphasage important de la tension V (mesurée entre la terre X et l'origine du fil aboutissant à la terre auxiliaire B) par rapport au courant I circulant dans les prises de terre X et A. En fait, la méthode d'opposition employée pour effectuer les mesures, méthode qui donne le rapport :

$$X = \frac{V}{I}$$

en module et en argument, a toujours conduit à des valeurs très faibles de l'argument de X, même pour des longueurs de base atteignant plusieurs kilomètres.

Ces mêmes phénomènes secondaires (propagation le long des fils XA et XB, forces électromotrices d'induction mutuelle) pourraient avoir une autre conséquence : si leur influence était sensible, on devrait observer, lorsque la longueur des bases devient très grande, une variation de la résistance mesurée s'écartant notablement de la variation prévue par la formule (3) ; on ne constate, en pratique, rien de semblable : les nombres contenus dans le tableau suivant montrent au contraire, sur un exemple, que la résistance mesurée croît régulièrement en accord avec la formule (3) ; et il semble qu'on soit en droit d'admettre que les phénomènes secondaires cités plus haut ne troublent pas d'une manière sensible les mesures de terre effectuées en courant alternatif, même dans le cas de bases très grandes.

Si le choix de terres auxiliaires très éloignées ne soulève, au point de vue théorique, aucune objection très sérieuse, il conduit

à une difficulté pratique : des forces électromotrices parasites, dues soit aux réseaux de distribution d'énergie électrique, soit aux lignes télégraphiques empruntant la terre comme conducteur de retour, apparaissent dans ce cas entre les trois terres, et les courants auxquels elles donnent naissance nuisent toujours à la pré-

LONGUEUR DES BASES (mètres).	RÉSISTANCE DE TERRE (ohms).
10	41,55
20	41,8
30	41,85
40	41,9
50	41,95
1.000	42,0

cision des mesures ; dans les mesures soignées, on peut remédier en partie à ces inconvénients en recourant à des moyens appropriés (filtre, galvanomètre à résonance) ; pour les mesures courantes, il est plus simple de limiter à une valeur raisonnable la longueur des bases ; la formule (3) montre que les résultats X, X_1, X_2, X_3... d'une série de mesures effectuées en doublant chaque fois la longueur des bases :

$$X = X_0\left(1 - \frac{R}{d}\right),$$
$$X_1 = X_0\left(1 - \frac{R}{2d}\right),$$
$$X_2 = X_0\left(1 - \frac{R}{4d}\right),$$
$$X_3 = X_0\left(1 - \frac{R}{8d}\right),$$

présentent, d'une mesure à la suivante, une suite d'accroissements relatifs :

$$\frac{X_1 - X}{X} \approx \frac{X_1 - X}{X_0} = \frac{R}{2d},$$
$$\frac{X_2 - X_1}{X_1} \approx \frac{X_2 - X_1}{X_0} = \frac{R}{4d},$$
$$\frac{X_3 - X_2}{X_2} \approx \frac{X_3 - X_2}{X_0} = \frac{R}{8d},$$

dont chacun est la moitié du précédent. Cette remarque permet, en pratique, de s'assurer qu'on est bien sur la branche ascendante régulière de la courbe représentant la variation de la résistance en fonction de la longueur d des bases. D'ailleurs, lorsqu'on fait ainsi une série de mesures en doublant chaque fois la longueur des bases, l'écart relatif observé entre le résultat d'une mesure et le résultat de la mesure précédente, représenterait en principe, si la formule (3) était valable, l'erreur relative commise dans la mesure considérée : cette remarque n'a qu'un intérêt théorique ; elle permet néanmoins, en pratique, d'apprécier l'ordre de grandeur de l'erreur systématique qu'on commet en s'en tenant à des bases relativement courtes.

9. Remarque relative à l'influence perturbatrice d'un défaut d'isolement entre les deux conducteurs aboutissant aux terres auxiliaires A et B. — Dans ce qui précède, on a supposé que les deux terres auxiliaires sont distinctes, c'est-à-dire que les deux conducteurs qui y aboutissent sont bien isolés l'un par rapport à l'autre. Lorsque ces deux conducteurs présentent, au contraire, un défaut d'isolement relatif, le résultat de la mesure est faussé, et il l'est d'autant plus que les résistances des deux terres auxiliaires A et B sont plus élevées.

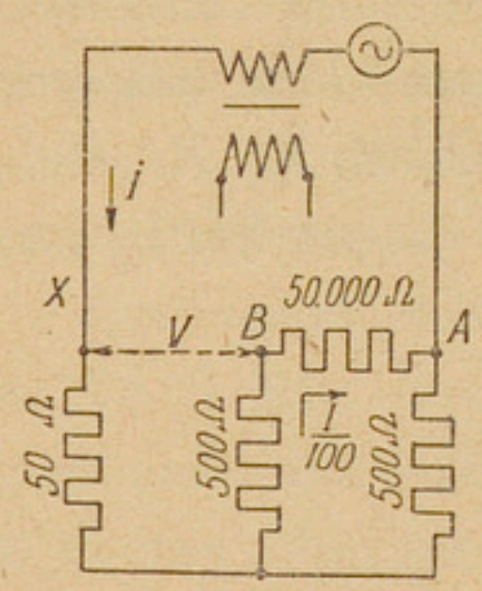


Fig. 10.

Supposons (fig. 10) qu'on mesure une terre X de résistance égale à 50 ohms au moyen de terres auxiliaires A et B de résistances égales toutes deux à 500 ohms (pour chacune de ces terres auxiliaires, la résistance de 500 ohms comprend la résistance de la terre proprement dite et la résistance du conducteur y aboutissant). Si les deux fils A et B présentent, à leur origine, une résistance d'isolement de 50.000 ohms, le courant total I envoyé dans la terre X se partage entre les terres A et B et 1/100 environ de ce courant I passe dans la terre B : la différence de potentiel mesurée entre X et B est donc égale non pas à :

$$V = 50\,I\,;$$

mais bien à :

$$V = 50\ I + 500 \times \frac{I}{100} = 55\ I,$$

de sorte que la mesure donne $X = 55$ ohms (au lieu de $X = 50$ ohms) comme résistance de la terre.

Des mesures effectuées avec des terres auxiliaires lointaines, raccordées par deux fils qui présentaient à leur origine un défaut d'isolement (entrée de poste défectueuse), ont mis en évidence des erreurs relatives atteignant 20 % : il est donc très important, en pratique, d'utiliser, pour le raccordement des deux terres auxiliaires A et B, deux conducteurs ne présentant l'un par rapport à l'autre aucun défaut d'isolement (une capacité notable entre ces deux conducteurs fausserait également les mesures et doit aussi être évitée).

On verrait aisément qu'un défaut d'isolement entre les conducteurs aboutissant aux terres X et A ou entre les conducteurs aboutissant aux terres X et B fausse également le résultat de la mesure (qui donne, cette fois, une valeur de la résistance inconnue erronée par défaut) : on doit donc, d'une manière générale, veiller à l'isolement relatif des trois conducteurs raccordant les trois prises de terre X, A et B à l'installation de mesure.

10. Remarque relative à l'emploi d'un pont ordinaire pour la détermination de la résistance d'une prise de terre. — Un mode de détermination de la résistance d'une prise de terre X consiste, on le sait, à réaliser deux prises de terre auxiliaires A et B, à mesurer, au moyen d'un pont à courant alternatif ordinaire, les trois sommes :

$$R_1 = X + A, \qquad R_2 = A + B, \qquad R_3 = B + X,$$

et à en déduire la valeur de X par la formule :

$$X = \frac{R_1 - R_2 + R_3}{2}. \tag{4}$$

Cette méthode ne correspond pas en toute rigueur à la définition précise choisie plus haut pour la résistance d'une prise de terre ; néanmoins on constate, en pratique, que, pour des terres auxiliaires et pour une fréquence déterminées, cette méthode

donne des résultats très voisins de ceux que donne la méthode d'opposition décrite plus haut. La méthode qui consiste à effectuer une triple mesure au pont est toutefois moins correcte. Les terres auxiliaires A et B sont, en effet, en règle générale, beaucoup plus résistantes que la terre inconnue X : déterminer une résistance X en mesurant les sommes $X + A$ et $X + B$, dans lesquelles A et B sont des résistances beaucoup plus grandes que X, n'est évidemment pas une opération heureuse ; chose plus grave, les terres auxiliaires A et B, plus ou moins sommairement établies, peuvent subir de légères variations dans les intervalles des trois mesures : le résultat déduit de la formule (4) se trouve, de ce fait, entaché d'erreur et on a parfois la surprise (dans le cas d'une résistance de terre très faible) de trouver pour X une valeur négative. C'est pour ces raisons que la méthode de la triple mesure au pont a été écartée pour les essais dont il est rendu compte ici ; remarquons d'ailleurs que, pour appliquer cette méthode, dans laquelle les trois terres jouent des rôles identiques, on est conduit naturellement, à placer la terre à mesurer et les deux terres auxiliaires aux trois sommets d'un triangle équilatéral, disposition que d'autres considérations nous ont conduits à adopter aussi.

IV. Conclusions.

Les essais qui viennent d'être décrits montrent que la résistance d'une prise de terre est susceptible d'une définition et d'une détermination précises.

La fréquence et l'intensité du courant envoyé dans la terre à mesurer étant fixées, la résistance d'une prise de terre X peut être définie et déterminée de la façon suivante : A et B désignant deux prises de terre auxiliaires disposées aux sommets d'un triangle équilatéral XAB de côté d, on mesure le rapport $\frac{V}{I}$ ayant pour dénominateur l'intensité I d'un courant établi entre la terre X et la terre A et ayant pour numérateur la différence de potentiel V qu'on observe, dans ces conditions, entre l'entrée de la terre X et la terre auxiliaire B ; quand on fait croître d, le rapport $\frac{V}{I}$ tend

vers une limite, qui est la résistance de terre cherchée : cette limite est atteinte plus ou moins vite (suivant le mode de réalisation de la terre à mesurer) et après une variation plus ou moins régulière (suivant le degré d'hétérogénéité du terrain) ; dans le cas d'un terrain homogène, lorsqu'on donne à d une valeur égale à 50 fois le rayon de la plus petite sphère ayant son centre à la surface du sol et capable de renfermer toutes les masses métalliques enfouies pour réaliser cette terre, on trouve une valeur de la résistance inférieure de moins de 2 % à la valeur limite correspondant au cas théorique de terres auxiliaires infiniment éloignées.

Dans la pratique, on peut être conduit à simplifier le mode opératoire indiqué ci-dessus. Par exemple, si l'on croit savoir que l'électrode enterrée est tout entière contenue à l'intérieur d'un hémisphère de 2 mètres de rayon, et si, par ailleurs, on se contente d'une évaluation à 10 % près de la résistance de terre, on peut se borner à effectuer une seule mesure, en adoptant une longueur de bases de 20 mètres. La disposition en triangle équilatéral des trois terres X, A et B peut aussi, dans certaines circonstances, s'avérer impraticable : il est alors tout indiqué de placer la terre auxiliaire B au milieu de XA. Mais dans tous les cas où l'on dispose de temps et de place et où l'on désire avoir une évaluation sûre de la résistance de la prise de terre, il est recommandé de recourir à la définition et au procédé de mesure indiqués au paragraphe précédent.

La résistance d'une prise de terre dépend de la fréquence et de l'intensité du courant de mesure ; mais elle en dépend peu : pour les terres mesurées au cours de ces essais (terres de résistance comprise entre 5 et 50 ohms, constituées soit par un grillage enterré, soit par des piquets), la résistance mesurée avec un courant de quelques milliampères, à la fréquence de 800 p : s, diffère de moins de 3 % de la résistance mesurée à la fréquence de 50 p : s, avec des courants variant de quelques dizaines de milliampères à un ampère.

Les conclusions qui précèdent sont déduites du résultat d'essais nombreux, effectués sur des terres d'importances diverses ; il semble bien qu'on puisse dire, d'une manière générale, que la

résistance d'une prise de terre, mesurée par des méthodes correctes au moyen d'ohmètres bien établis, varie de moins de 5 % avec la méthode et l'appareil employés ; si l'on tient compte des variations que subit, avec le temps, la résistance d'une prise de terre, et si l'on tient compte aussi de la répercussion, assurément minime, que peut avoir, sur l'efficacité d'une prise de terre, un accroissement de 5 % de sa résistance, il est permis de conclure en tout cas que, pour juger de la qualité d'une prise de terre, on peut employer indifféremment soit un ohmmètre à faible courant de fréquence harmonique, soit un ohmmètre à fort courant de fréquence industrielle.

APPENDICE.

Justification des formules (1), (2) et (3).

X et A (fig. 2) sont les centres de deux hémisphères conducteurs, de rayons respectivement égaux à R et à R_A, enterrés à une distance XA $= d$ dans un sol homogène de résistivité ρ. On suppose que la résistivité des hémisphères est négligeable vis-à-vis de la résistivité du sol. Le potentiel de l'électrode X étant choisi comme potentiel zéro, on porte l'électrode A à un potentiel constant U. On se propose de chercher l'expression du potentiel V, en un point quelconque B du sol défini par les coordonnées XB $= r$ et AB $= r_A$, et de calculer d'autre part l'intensité I du courant continu qui s'établit dans le sol.

Le potentiel V doit être une fonction harmonique, prenant sur les hémisphères X et A les valeurs respectives zéro et U. D'autre part, en vertu de la loi d'Ohm, le flux du gradient du potentiel V sortant d'une surface fermée quelconque, tracée dans le sol de résistivité ρ, est égal au produit par ρ de l'intensité totale du courant sortant de cette surface ; en particulier, si cette surface fermée est la surface limite de l'électrode A, le flux du gradient de potentiel sortant de cette surface représente le produit par ρ de l'intensité totale I du courant continu qui s'établit dans le sol ; de même, le flux total du gradient de potentiel entrant dans la surface limitant l'électrode X est égal au produit par ρ de la même intensité totale I.

La fonction :

$$V = \frac{m}{r} + \frac{n}{r_A} + p$$

(dans laquelle m, n et p sont trois constantes indépendantes de r et r_A) est une fonction harmonique ; en vertu du théorème de Gauss, le flux du gradient de cette fonction, sortant de l'hémisphère A, est égal à $2\pi n$ (ce flux serait $4\pi n$ pour la sphère complète) ; de même, le flux du gradient de cette fonction, entrant dans l'hémisphère X est égal à $-2\pi m$; pour que la fonction considérée réponde aux conditions du problème, il faut donc d'abord que l'on ait :

$$I \,.\, \rho = -2\pi m = +2\pi n.$$

La fonction V considérée prend donc la forme :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r}\right) + p.$$

Cette fonction répondrait complètement aux conditions du problème, si elle prenait en tout point de l'hémisphère A la valeur U et en tout point de l'hémisphère X la valeur zéro.

En fait, lorsque le point B, de coordonnées r et r_A, est à la surface de l'hémisphère X, la fonction :

$$\frac{1}{r} - \frac{1}{r_A}$$

prend la valeur :

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{r_A},$$

valeur qui n'est pas constante, puisque r_A varie avec la position du point B sur la surface de l'hémisphère ; les valeurs extrêmes (observées lorsque B est aux deux extrémités de diamètre XA) sont les suivantes :

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{d+R} \quad \text{et} \quad \frac{1}{R} - \frac{1}{d-R};$$

Ces valeurs extrêmes diffèrent peu de la valeur moyenne

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{d},$$

à la seule condition que R soit petit vis à vis de d ; l'écart relatif :

$$\frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d+R}\right) - \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d}\right)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{d}}$$

est, en effet, de l'ordre de $\frac{R^2}{d^2}$, de sorte que, si $\frac{R}{d}$ est, par exemple, inférieur à 0,01, la fonction V choisie est constante sur l'hémisphère X à 0,0001 près. Il suffit de même que $\frac{R_A}{d}$ soit petit pour que la fonction V choisie puisse être considérée comme constante sur l'hémisphère A.

Ainsi, pourvu que la distance d = XA soit grande vis à vis des rayons R et R_A des deux hémisphères, la fonction :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r}\right) + p$$

conserve, sur les hémisphères X et A des valeurs sensiblement constantes ; pour que ces valeurs soient respectivement égales à zéro et à V, il suffit que I et p satisfassent aux équations (approchées) suivantes :

$$0 = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{R}\right) + p;$$

$$U = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_A} - \frac{2}{d}\right).$$

L'expression générale du potentiel V s'écrit donc :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r} - \frac{1}{d} + \frac{1}{R}\right);$$

c'est la formule (1) invoquée sous le titre II.

Lorsqu'on choisit le point B à égale distance des points X et A, le rapport $X = \frac{V}{I}$ a la valeur :

$$X = \frac{V}{I} = \frac{\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{d}\right);$$

c'est la formule (3) invoquée sous le titre III. Lorsqu'on peut négliger $\frac{1}{d}$ vis à vis de $\frac{1}{R}$, on obtient la formule (2) invoquée sous le titre II :

$$X_0 = \frac{\rho}{2\pi R}.$$

LE NOUVEAU CABLE TÉLÉPHONIQUE KEY WEST — LA HAVANE EXPLOITÉ AU MOYEN DE COURANTS PORTEURS, [1]

par H. A. AFFEL, W. S. GORTON et R. W. CHESNUT.

En janvier 1931, on a mis en service un nouveau câble téléphonique sous-marin posé, en eaux profondes, entre Key West et la Havane, pour relier les Etats-Unis à l'île de Cuba par une nouvelle voie de communication. Le service téléphonique avec Cuba a été inauguré il y a dix ans environ; à cette époque, on avait posé entre ces mêmes villes trois câbles krarupisés. Ces trois câbles et les installations terminales associées ont été décrits en détail dans un mémoire de MM. Martin, Anderegg et Kendall, présenté à l'American institute of electrical engineers lors de son assemblée générale d'hiver en 1922. De même que ses trois devanciers, le câble nouveau appartient à la Cuban American telephone and telegraph cy, organisation placée sous le contrôle commun de l'American telephone et telegraph cy et de la Cuban telephone cy en vue d'établir des relations téléphoniques entre les Etats-Unis et Cuba.

Depuis dix ans, la science des télécommunications a progressé sous bien des rapports, de sorte qu'en recourant à l'exploitation au moyen de courants porteurs de haute fréquence on s'est procuré trois liaisons téléphoniques sur ce câble, à conducteur unique, d'un modèle perfectionné, et qui n'est guère plus gros que l'un quelconque des trois câbles posés antérieurement.

---

1. Traduction d'un article paru dans le *Bell system technical journal* d'avril 1932. Dans un de nos prochains numéros, nous publierons la traduction d'un article concernant le câble téléphonique sous-marin récemment posé entre l'Italie et la Sardaigne.

Les trois voies téléphoniques ainsi obtenues sont raccordées à des installations à courants porteurs qui fonctionnent sur des lignes aériennes en fils nus jusqu'à Washington ; à partir de cette ville, les liaisons sont établies au moyen de circuits à quatre fils en câble jusqu'à New York, où se trouve le bureau tête de ligne des circuits téléphoniques New-York—la Havane. Les liaisons téléphoniques établies à l'aide des trois câbles anciens se terminent maintenant à Miami ou à Key West ; à partir de ces deux villes, elles peuvent être prolongées vers d'autres localités éloignées.

Le câble nouveau a été établi pour obtenir économiquement de nouveaux circuits, dont le besoin se faisait sentir, et cela grâce à une adaptation des installations habituelles à courants porteurs. Il a été conçu d'une façon assez large pour qu'en lui faisant subir quelques légères transformations il soit possible de se procurer encore un nombre plus grand de voies téléphoniques sur le même câble. Au point de vue de la transmission, la caractéristique la plus intéressante de ce câble consiste dans le fait que l'exploitation en est assurée avec des niveaux à la réception qui sont extraordinairement bas.

Le câble. — Le câble nouveau, appelé « câble de 1930 », est le plus long câble téléphonique sous-marin actuellement en service ; il est aussi unique en son genre parce qu'il est le plus long câble téléphonique ne comportant pas de répéteurs intermédiaires, et sans charge inductive. Il a une longueur qui dépasse de 3,7 milles marins celle du plus long des câbles posés en 1921, et il permet la transmission d'une bande de fréquences beaucoup plus large : on peut transmettre sur le câble nouveau des fréquences s'élevant jusqu'à 28.000 p : s et même plus, tandis que les câbles anciens ne se prêtaient pas à la transmission des fréquences supérieures à 3.800 p : s. Le plus long câble sous-marin exploité au moyen de courants porteurs de haute fréquence existant avant le nouveau câble, était le câble fonctionnant entre Tenerife et Gran Canaria, dans les îles Canaries : ce câble [1] n'est pas chargé ; il

1. K.E. Latimer et J.R. Vezey, *Tenerife—Gran Canaria and Algeciras—Ceuta submarine câbles* (*Electr. Communication*, tome 9, p. 226, 1931).

est équipé pour transmettre à peu près la même bande de fréquences que celle du câble nouveau ; mais il est moins long que ce dernier (39,7 milles marins seulement au lieu de 108,6).

Paragutta. — Ce remarquable progrès a été accompli grâce à l'emploi d'un nouvel isolant, la paragutta. Cette matière isolante a été inventée dans les Bell telephone laboratories ; c'est un composé de caoutchouc débarrassé de sa protéine, de balata débarrassée de sa résine, et de cire. Kemp [1] en a donné une description détaillée. Jusqu'ici, les câbles sous-marins rendus étanches (à l'exception des câbles reliant la côte californienne à l'île Catalina, qui sont isolés avec un composé spécial à base de caoutchouc) étaient pour la plupart invariablement isolés soit avec de la gutta-percha, soit avec de la balata, soit avec un mélange de ces deux substances. Les propriétés diélectriques de la paragutta sont bien meilleures que celles de l'une quelconque de ces trois substances.

On peut se faire une idée des avantages que l'on retire de l'emploi de la paragutta, en se reportant au tableau I, sur lequel on a porté les propriétés électriques en courant alternatif qui caractérisent ces divers diélectriques. Il est évident, d'après les

TABLEAU I.

Tableau comparatif des propriétés électriques de la gutta-percha et de la paragutta utilisées comme diélectrique sur les câbles sous-marins (mesures faites après pose à la fréquence de 22.000 p : s).

	Constante diélectrique.	Rapport de la perditance à la capacitance.
Gutta-percha (câble télégraphique) ...	3,3	4040
Gutta-percha utilisée dans la fabrication des câbles Key West—la Havane (1921)	3,1	—
Gutta-percha utilisée dans la fabrication des câbles téléphoniques Tenerife—Gran Canaria et Algeciras—Ceuta [2].	2,92	3815
Paragutta (câble Key West — la Havane, 1930)	2,67	229

1. *Paragutta, a new insulating material for submarine câbles* (*Journ. of. the Franklin institute*, t. 211, p. 37, 1931).

2. Voy. *Electrical communication*, 1931, p. 217.

chiffres reproduits, que, pour un affaiblissement donné, l'emploi de la paragutta permet de réduire considérablement la grosseur des câbles, qu'il s'agisse de câbles téléphoniques ou de câbles télégraphiques. Cette réduction de grosseur est due à la fois à ce que la constante diélectrique et la perditance (1) sont moins grandes. Le fait que la constante diélectrique est plus petite a pour conséquence également une réduction de la grosseur des câbles, chargés ou non chargés. Dans le cas de câbles chargés, il est particulièrement important que la perditance soit très petite. Bien entendu, la réduction de la grosseur résultant de l'emploi de la paragutta est fonction de cette grosseur même. Pour en donner une idée, il suffit de rappeler qu'un câble isolé à la gutta-percha (de la qualité employée lors de la fabrication des câbles de 1921) aurait un poids supérieur de 45 % à celui du câble nouveau, et que son prix de revient serait d'environ 65 % plus élevé.

L'utilisation du nouveau diélectrique pour la construction d'un câble pose de nombreux problèmes ; l'un de ces problèmes mérite une mention particulière : il s'agit de l'établissement des joints avec la paragutta. On a imaginé à ce sujet une nouvelle méthode qui permet de réaliser des joints parfaits non seulement sur les câbles sous paragutta, mais encore sur les câbles sous gutta-percha ; les résultats sont, dans ce dernier cas, meilleurs que ceux qu'on obtient par la méthode classique, appliquée depuis qu'on a construit pour la première fois des câbles sous gutta-percha.

Construction du câble. — Le câble de 1930 est du même type que les câbles de 1921, sauf qu'il est dépourvu de toute charge inductive. Il est muni de rubans de cuivre qui constituent le conducteur de retour (2), ainsi que d'un mince ruban, en cuivre également, posé sous les premiers, et qui assure la protection contre les organismes marins. Le principe de la construction électrique du câble

---

1. La perditance, au sens où on l'entend ici, tient compte de toutes les pertes dans le diélectrique.

2. Carson et Gilbert, *Transmission characteristics of the submarine câble* (*Journal of the Franklin institute*, t. 192, p. 705, 1921).

consistait à trouver un équilibre économique entre tous les facteurs qui influent sur l'affaiblissement et à se procurer ainsi un câble ayant l'affaiblissement désiré, avec le minimum de dépenses. Le résultat de cette manière de procéder est une âme de câble dont le diélectrique a une épaisseur qui, comparée au diamètre du fil central, est beaucoup plus grande (1) que dans le cas des câbles téléphoniques ou télégraphiques exploités en

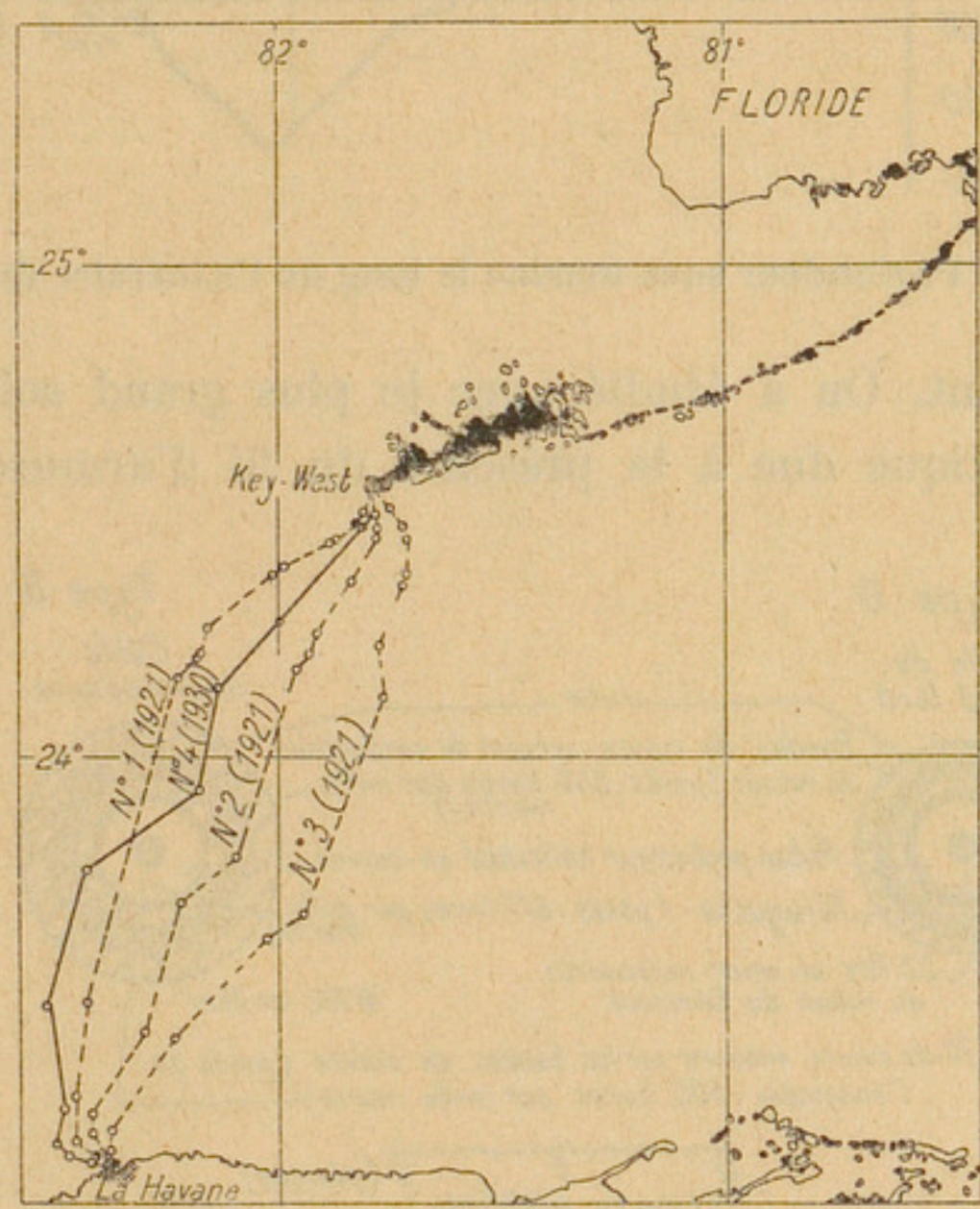


Fig. 1. — Câbles posés entre Key West et la Havane et raccordement avec le réseau terrestre des Etats-Unis.

basse fréquence. Le facteur qui intervient pour beaucoup dans ce résultat est l'effet pelliculaire important qui se produit principalement autour du conducteur central, mais d'une manière appréciable autour des rubans de cuivre également. Le rapport de la résistance en courant alternatif à la résistance en courant continu augmente rapidement si le conducteur central et les rubans de cuivre servant de conducteur de retour sont rendus lourds,

1. Brevet anglais n° 343.093 du 7 mai 1931.

afin de diminuer le poids du diélectrique. Aux fréquences porteuses, l'effet du fil d'armure est négligeable du point de vue de

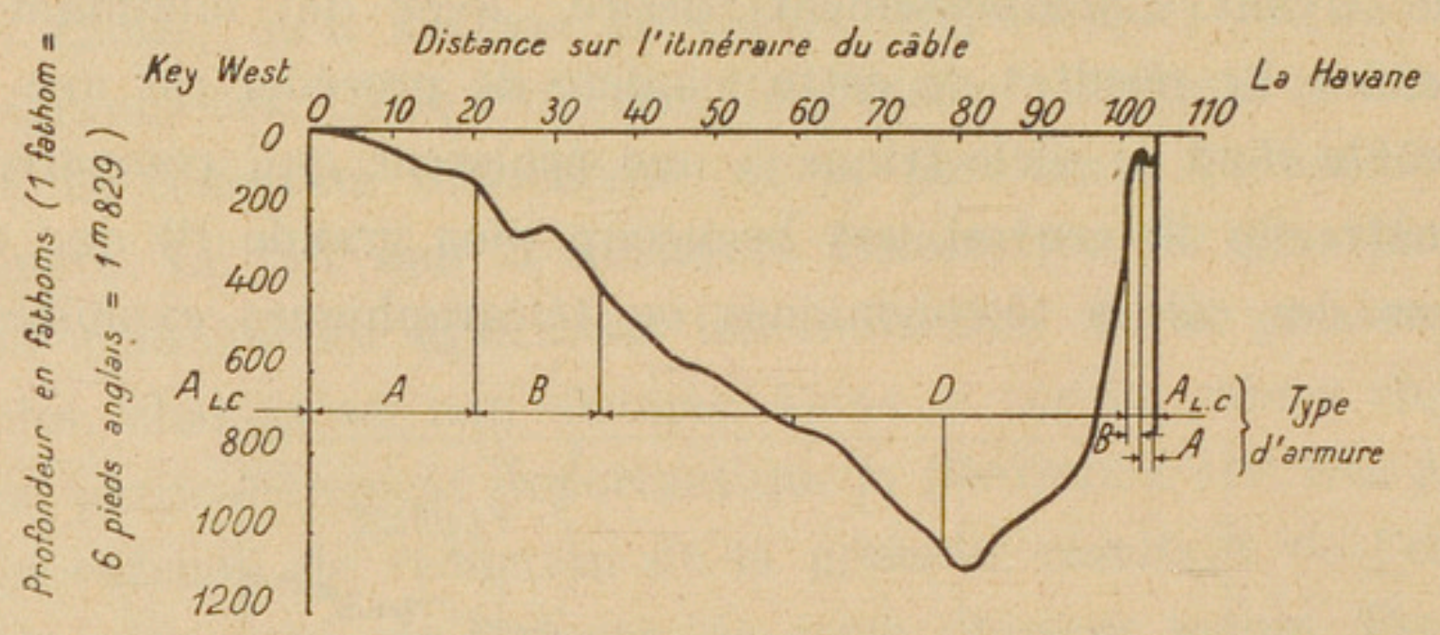


Fig. 2. — Profondeur sous-marine le long de l'itinéraire du câble.

l'affaiblissement. On a étudié avec le plus grand soin la modulation magnétique due à la présence du fil d'armure, et l'on a

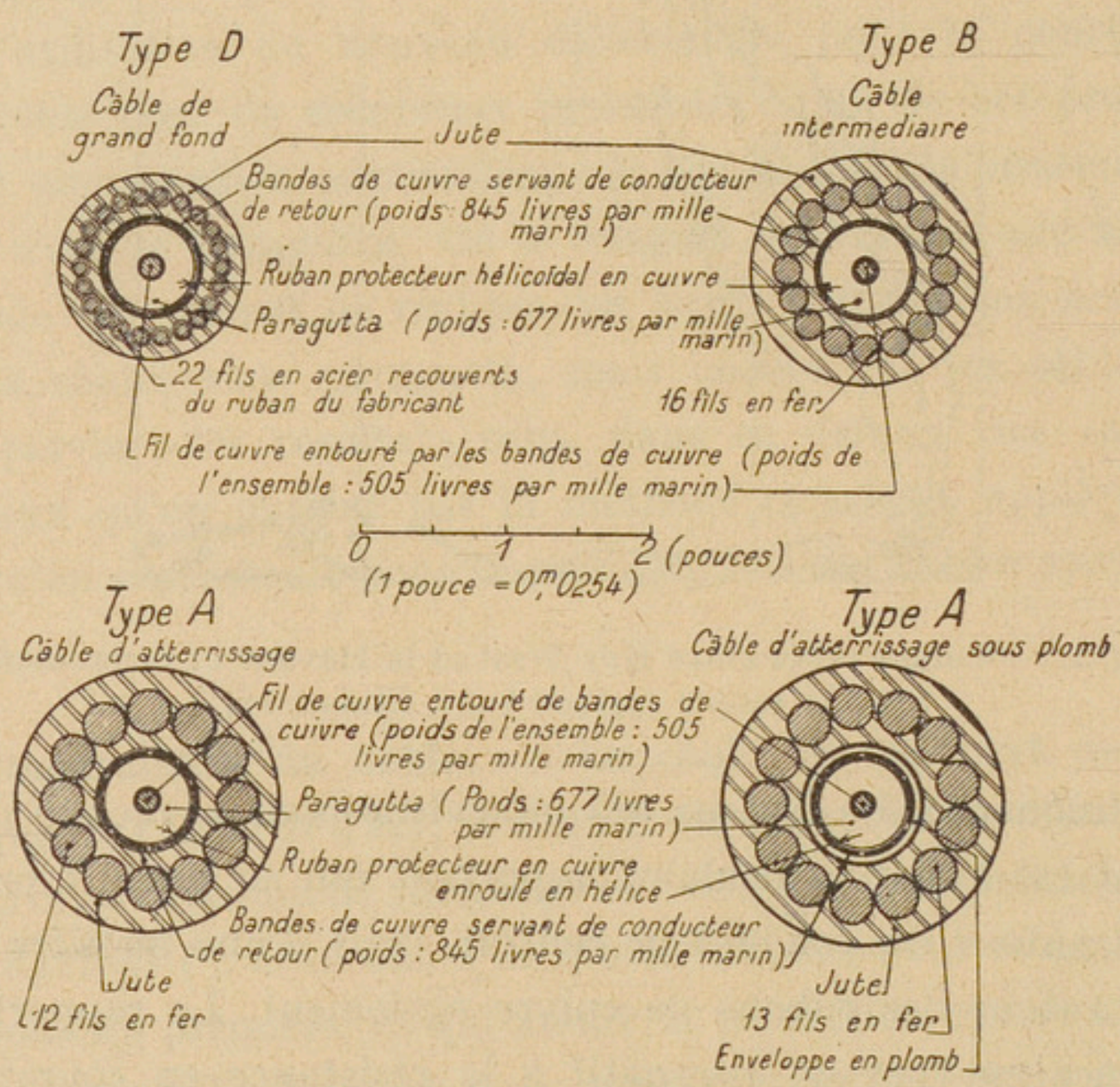


Fig. 3. — Coupe des divers types de câble.
(Les poids sont exprimés en livres anglaises).

reconnu qu'elle était négligeable également. Le pas d'enroulement des rubans de cuivre servant de conducteur de retour, est plus

long que pour les câbles de 1921 (1). Il en est résulté une diminution appréciable de la résistance ohmique des rubans eux-mêmes et une réduction des pertes par courants de Foucault qui sont dues à ce que ces rubans sont enroulés en hélice.

Pour toutes les opérations mécaniques, on s'en est tenu à la méthode appliquée dans toutes les câbleries. Dans le mémoire présenté par MM. Martin, Anderegg et Kendall, auquel il est fait allusion plus haut, on trouve une description de certaines caractéristiques mécaniques du câble et un exposé du problème général relatif à la construction des câbles sous-marins.

Le nouveau câble a une longueur de 108,6 milles marins. Il a été fabriqué par la société « Norddeutsche Seekabelwerke » à

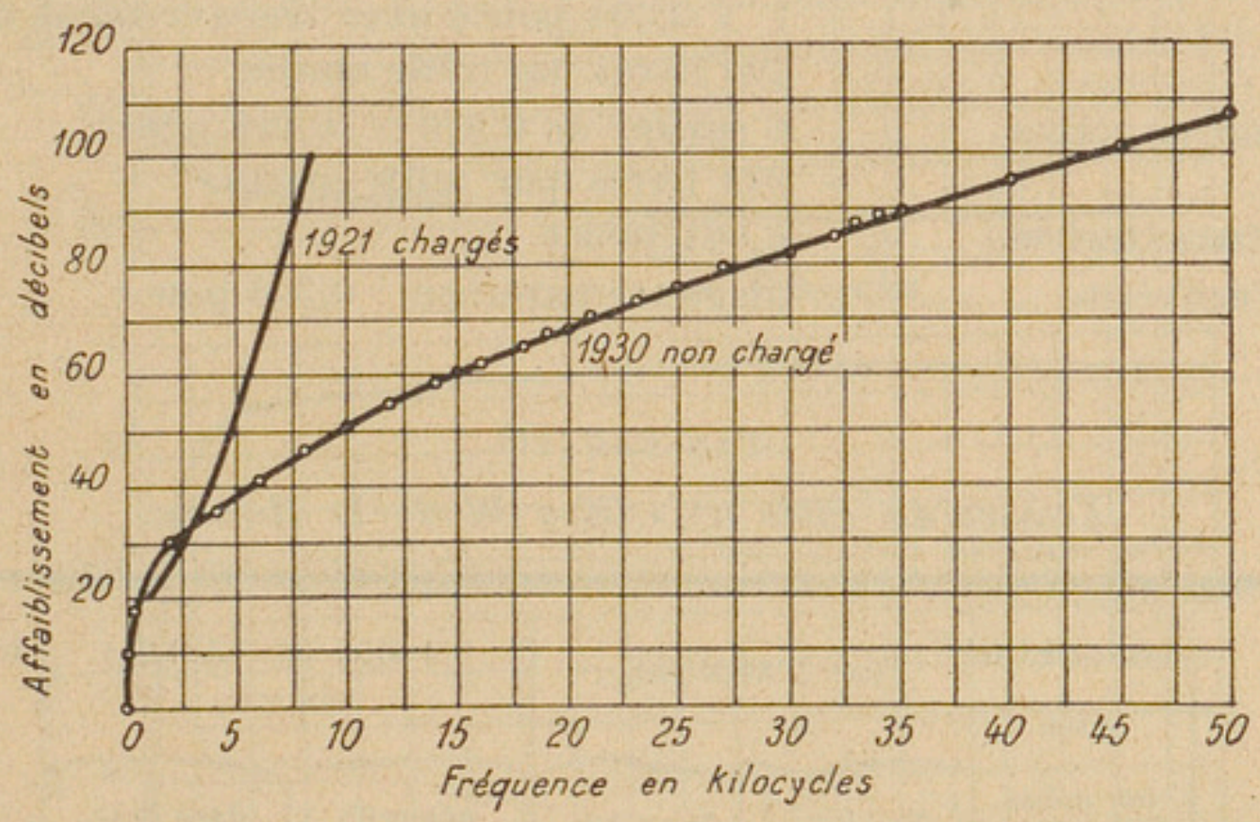


Fig. 4. — Affaiblissement, aux diverses fréquences, des câbles de 1921 et de 1930.

Nordenham (Allemagne), et posé par le « Neptun », navire-câblier de cette société. L'itinéraire qu'il suit est représenté sur la figure 1 et le profil de cet itinéraire est reproduit sur la figure 2. La plus grande profondeur atteinte est de 6.480 pieds (environ 1.950 mètres). Les particularités de l'âme du câble sont indiquées ci-dessous sur le tableau II et celles de l'armure sur le tableau III. La figure 3 représente la section transversale de câbles de différents modèles. L'affaiblissement du câble et son impédance carac-

1. Brevet américain n° 1.700.476 du 29 janvier 1929.

TABLEAU II.

Constitution de l'âme du câble n° 4 Key West—la Havane.

Conducteur central :	
Fil central	diamètre : 0,138 pouce (1 pouce = 0m,0254).
Enroulement	6 rubans de cuivre de 0,0142 × 0,079 p.
Poids de l'ensemble	505 livres par mille marin (1 livre = 0kg,4535).
Diamètre de l'ensemble .	0,167 pouce.
Composé isolant	épaisseur : 0,0024 pouce.
Diélectrique :	
Poids y compris le composé isolant	677 livres par mille marin.
Diamètre extérieur	0,614 pouce.
Ruban du fabricant	épaisseur : 0,010 pouce.
Ruban de protection en cuivre	1 × 0,004 pouce avec recouvrement de 10 °/o.
Poids	209 livres par mille marin.
Conducteur de retour.....	6 rubans de 0,319 × 0,019 pouce.
Poids	845 livres par mille marin.
Diamètre extérieur	0,681 pouce.
Ruban d'ozokérite	diamètre extérieur : 0,704 pouce.

TABLEAU III.

Armure du câble n° 4 Key West—la Havane.

TYPE de l'armure.	LONGUEUR posée (en milles marins)	FILS D'ARMURE :		POIDS DU CABLE terminé : (livres par mille marin).		DIAMÈTRE extérieur du câble (en pouces).
		Numéro des fils.	Diamètre (en pouces).	humecté.	dans l'eau.	
A (sous plomb)	0,40	13	0,300	29.300	21.660	1,93
A	21,94	12	0,300	24.000	17.380	1,81
B	17,50	16	0,200	16.140	11.000	1,57
D	68,79	22	0,104 chaque fil enroulé à part.	8.990	5.115	1,30

téristique sont indiqués respectivement sur les figures 4 et 5. La courbe de l'affaiblissement en fonction de la fréquence est bien

celle d'un câble non chargé, puisque l'affaiblissement augmente rapidement aux basses fréquences et moins rapidement aux fréquences élevées, tandis que c'est l'inverse qui se produit généralement dans le cas d'un câble chargé. C'est d'ailleurs ce que montre

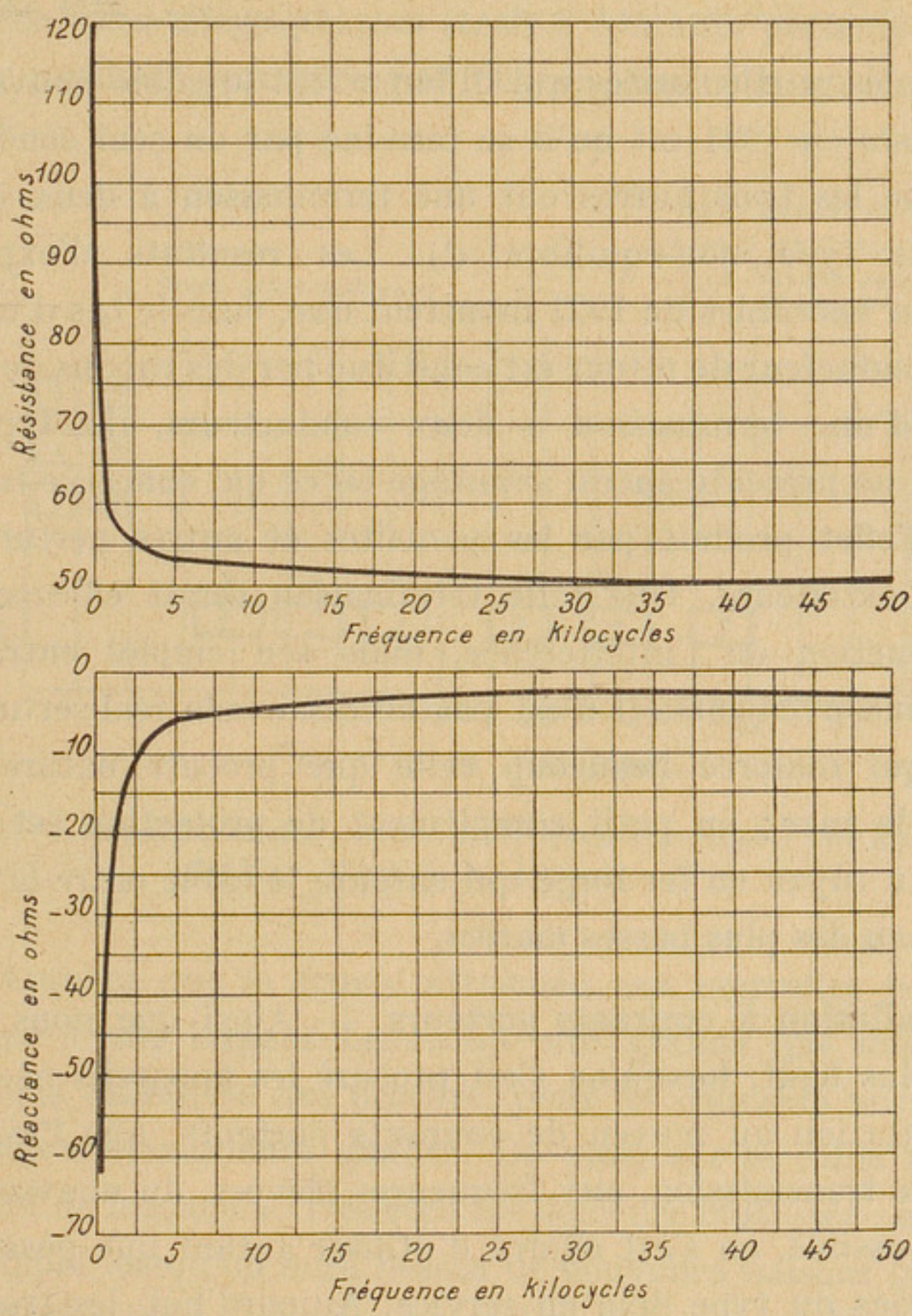


Fig. 5. — Impédance du câble de 1930, fermé à la Havane sur son impédance caractéristique (mesures faites à Key West).

la courbe de l'affaiblissement aux diverses fréquences de l'un des câbles de 1921 ; cette courbe a été reproduite sur la figure 4, à titre de comparaison. Sur le tableau IV, on a porté les caractéristiques, en courant continu, du câble nouveau, mesurées après la pose.

TABLEAU IV.

Résistance du conducteur, résistance d'isolement et capaéité en courant continu du câble n° 4 Key West—la Havane (mesures faites après la pose).

Résistance du fil central	242 ohms,
Résistance d'isolement	1.090 mégohms,
Capacité	22 μF,52.

Une des particularités qui différencient le câble nouveau des câbles posés en 1921 est qu'il se termine par un seul conducteur, tandis que les trois autres ont une terminaison à deux conducteurs, du type non-équilibré (1). Les résultats d'expérience fournis par les câbles de 1921 montrent que, dans le cas d'un câble dont le conducteur de retour est constitué par des rubans de cuivre, l'emploi d'une terminaison à deux conducteurs, du type non-équilibré, ne présente aucun avantage en ce qui concerne la réduction de l'effet produit par les parasites et autres perturbations d'origine extérieure. Une telle terminaison serait efficace quant à la réduction de l'interférence, mais son emploi entraînerait certains inconvénients. Il n'est pas nécessaire de réaliser une protection qui renforce beaucoup celle que procure naturellement l'eau de la mer ; un petit complément de protection est obtenu grâce à un tuyau en fer forgé qui entoure le câble entre la guérite et le niveau des plus basses marées.

Installation à courants porteurs. — Ainsi que nous l'avons signalé plus haut, lorsqu'on s'est procuré les appareils nécessaires à l'exploitation au moyen de courants porteurs, que l'excellente qualité de transmission, aux fréquences élevées, du nouveau câble rendait possible, on s'est efforcé d'utiliser autant que possible des installations du type déjà en service. Aujourd'hui, les trois voies téléphoniques à courants porteurs sont obtenues par une adaptation des installations à courants porteurs de haute fréquence qu'on utilise couramment en téléphonie à longue distance sur lignes aériennes en fils nus (1).

---

1. J.-J. GILBERT, *Extraneous interference on submarine telegraph cables* (*Bell system technical journal*, t. 5, page 404, 1926).

1. AFFEL, DEMAREST et GREEN, *Carrier systems on long distance telephone lines* (*A.I.E.E. transactions*, t. 47, p. 1360, 1928).

Les six bandes de fréquences utilisées (une pour chaque voie dans chacun des sens de transmission) sont réparties comme le montre la figure 6. On a indiqué également une voie télégraphique exploitée en courant continu. En outre, cette figure montre comment sont réparties les fréquences utilisées sur la voie téléphonique et les quatre voies télégraphiques (trois à courants porteurs et une à courant continu) procurées par chacun des trois anciens câbles.

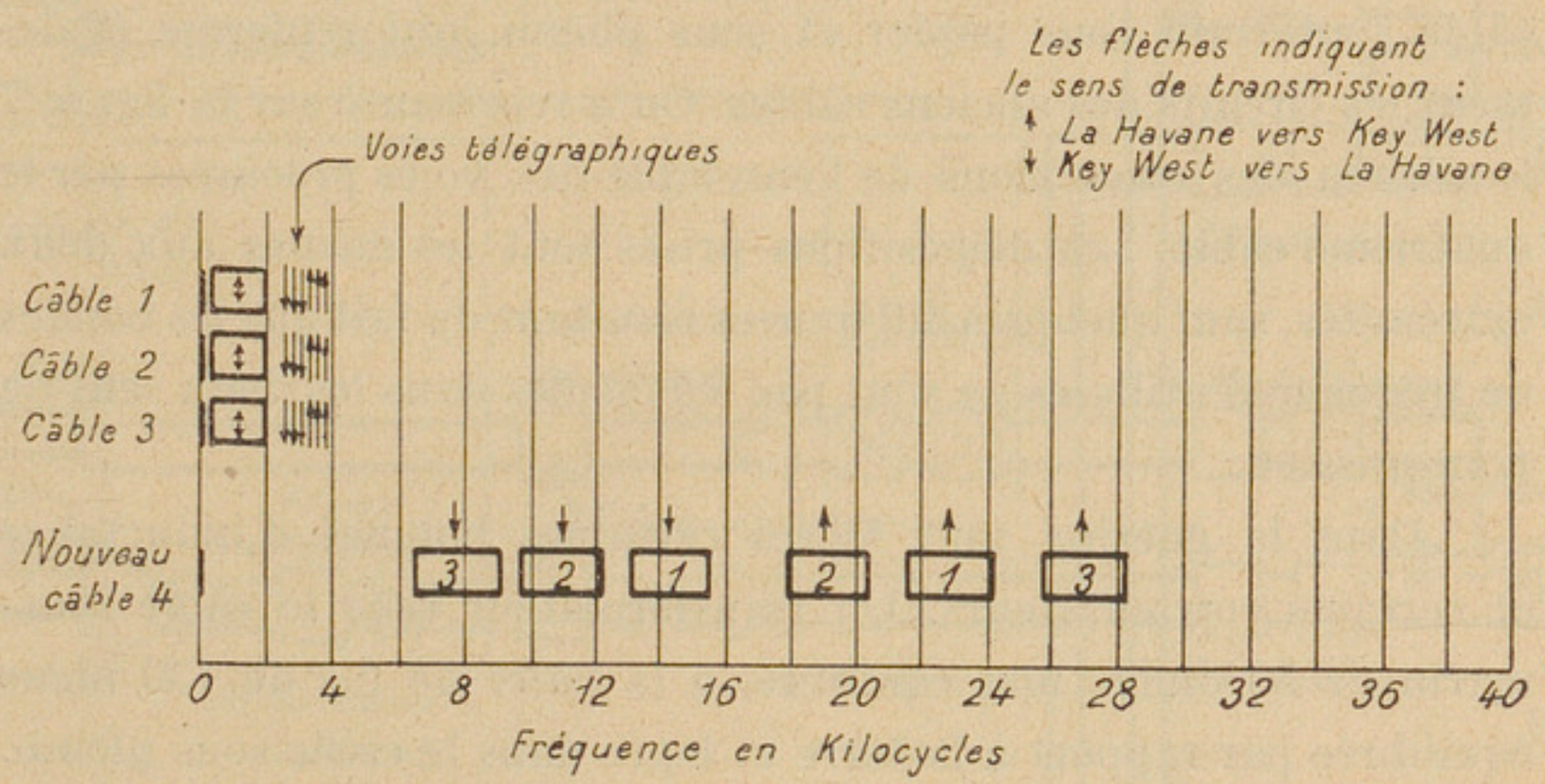


Fig. 6. — Répartition des bandes de fréquences utilisées sur les câbles de Key West à la Havane.

On remarquera que la bande attribuée aux nouvelles voies téléphoniques a une largeur beaucoup plus grande que dans le cas des anciens câbles, ce qui procure, pour les courants vocaux, une transmission d'excellente qualité. De plus, sur le câble nouveau, une bande de fréquences très étendue demeure inutilisée : on pourra y faire appel lorsqu'on aura besoin de nouvelles liaisons (nouvelles voies téléphoniques, circuits pour transmissions radiophoniques, nouvelles voies télégraphiques).

L'adaptation au nouveau câble des installations à courants porteurs du type existant posait certains problèmes, qui consistaient principalement : a) à obtenir une transmission satisfaisante sur un circuit dont l'affaiblissement était beaucoup plus considérable que celui des circuits pour lesquels les installations à courants porteurs avaient été primitivement construites ; b) à prévoir les

transformateurs indispensables pour interconnecter les parties du circuit ayant des impédances différentes.

L'installation à courants porteurs se trouve dans les bureaux centraux téléphoniques à Key West et à la Havane. L'un et l'autre de ces bureaux se trouvent à une distance légèrement supérieure à un mille anglais, de la guérite de câble située sur le rivage. Le circuit du câble sous-marin est relié aux installations, dans les bureaux centraux, par des paires de conducteurs logées dans un câble souterrain sous papier et sous plomb, qui renferme également les circuits des anciens câbles. On a représenté sur la figure 7 le schéma des connexions de l'ensemble des voies procurées par le quatrième câble. Les dispositions prises sont les mêmes aux deux extrémités, sauf quelques différences résultant du fait que les bandes de fréquences utilisées ne sont pas les mêmes dans les deux sens de transmission.

Dans la guérite, sont logées certaines bobines d'inductance et certains condensateurs. Un transformateur relie le câble sous-marin de 50 ohms, non équilibré, à la paire de fils de 130 ohms équilibrée par rapport à la terre et logée dans le câble sous plomb. Les autres bobines et condensateurs constituent un dispositif dit « composite » qui raccorde le câble sous-marin à une deuxième paire de fils enfermée dans le câble sous plomb et utilisée pour la transmission en courant continu. Cette liaison peut être utilisée comme voie télégraphique exploitée en courant continu ou comme circuit pour les mesures d'isolement.

Les installations des bureaux centraux téléphoniques peuvent être rangées dans deux catégories : a) celles qui dérivent des installations à courants porteurs utilisées sur des lignes aériennes en fils nus et décrites dans la communication de MM. Affel, Demarest et Green dont il est question plus haut ; b) celles qui complètent les premières et sont propres au câble nouveau.

Les organes complémentaires consistent surtout en amplificateurs supplémentaires et en filtres directeurs utilisés à la réception pour obtenir le gain supplémentaire et la sélectivité plus grande nécessaires en raison de l'affaiblissement plus considérable. Ces organes comprennent également des correcteurs qui permettent

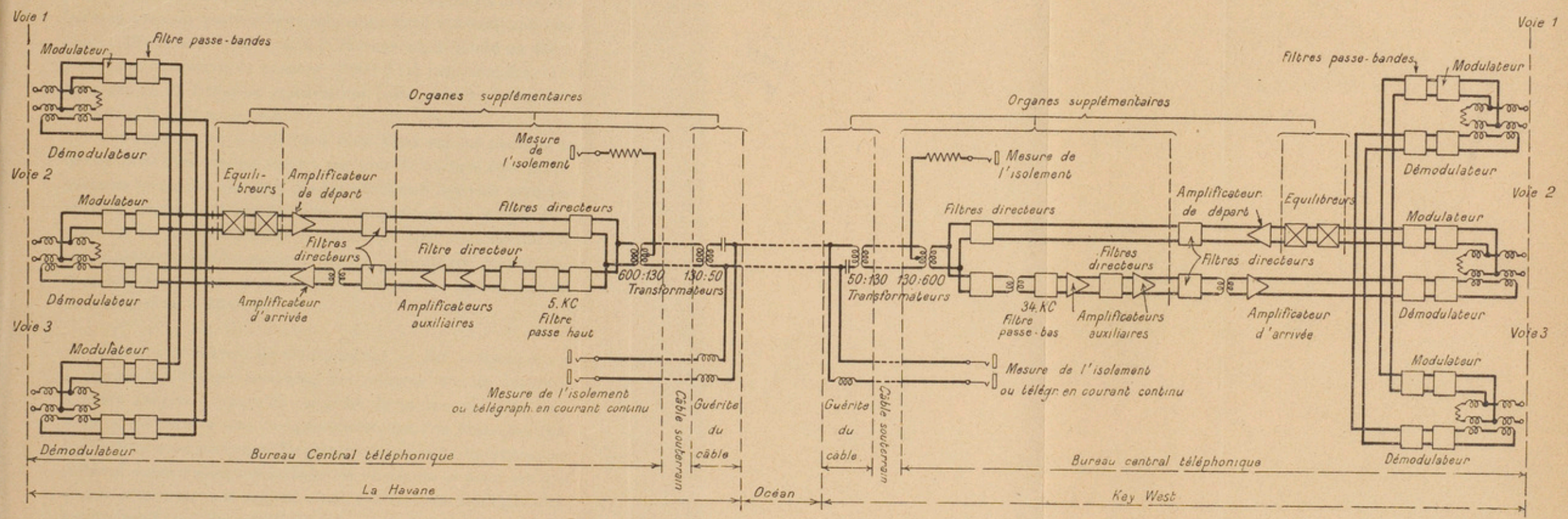


Fig. 7. — Schéma des liaisons par courants porteurs établies sur le câble de 1930.

Imprimé
Impérial

de remédier à l'affaiblissement qui varie avec les fréquences transmises, ainsi qu'un transformateur qui relie les installations de 600 ohms à la paire de 130 ohms, logée dans le câble souterrain sous plomb. A Key West, un filtre passe-bas, de fréquence de coupure égale à 34.000 p : s, a été ajouté pour supprimer les interférences avec un poste radiotéléphonique local utilisant une fréquence d'environ 100.000 p : s. A la Havane, on a ajouté un filtre passe-haut (fréquence de coupure : 5000 p : s) pour étouffer certains bruits, de fréquence relativement basse, captés par les circuits dans le câble souterrain.

Les appareils sont installés à Key West sur un panneau à quatre baies ; les organes montés sur trois de celles-ci sont pratiquement les mêmes que ceux des installations à courants porteurs utilisées couramment sur les lignes téléphoniques à grande distance en fils nus aériens. Sur la quatrième baie, sont montés les amplificateurs supplémentaires et les correcteurs mentionnés ci-dessus. Des appareils semblables existent au bureau central téléphonique de la Havane.

Certains problèmes de transmission. — Sur la figure 8, on a représenté l'énergie comparée des courants vocaux transmis à haute fréquence lorsqu'ils circulent de la Havane vers Key West. C'est dans ce sens de transmission que l'on utilise les plus hautes fréquences porteuses. En partant de la gauche du diagramme (tableau commutateur interurbain : le niveau en ce point est pris comme niveau zéro), le courant d'une voie traverse une ligne d'affaiblissement qui le réduit de 9 décibels ; cet affaiblisseur a été inséré sur le circuit afin de ménager un réglage commode du volume. Dans le cas de communications avec des villes très éloignées du poste de départ, on peut diminuer cet affaiblissement pour améliorer la transmission. Lorsque les courants vocaux atteignent les installations à courants porteurs, ils subissent, outre un changement de fréquence, une amplification de 5 à 10 décibels dans le modulateur et de 10 à 20 décibels dans l'amplificateur de départ. La voie sur laquelle on utilise la fréquence la plus élevée reçoit le gain le plus élevé et, sur cette voie, le niveau

à la sortie de l'amplificateur de départ commun est d'environ 20 décibels plus élevé qu'au tableau commutateur interurbain. Les courants gagnent ensuite Key West en passant par le câble souterrain, la guérite du câble et le câble sous-marin proprement dit.

Lorsque le courant atteint les appareils récepteurs de Key West après avoir emprunté la voie exploitée à l'aide de la fréquence

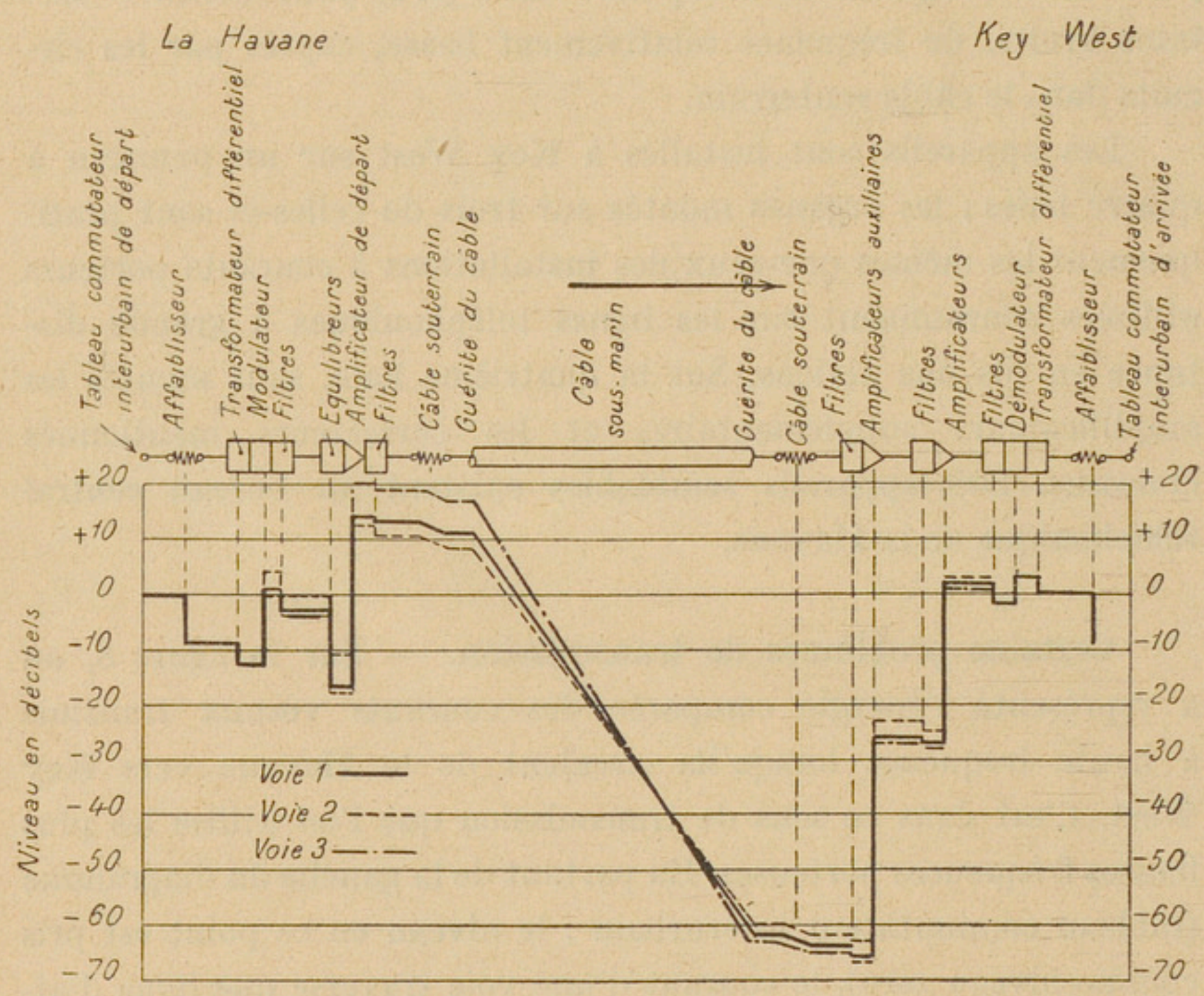


Fig. 8. — Niveaux relatifs de transmission mesurés sur les circuits de la Havane à Key West.

la plus élevée, le niveau a diminué d'une valeur légèrement supérieure à 80 décibels. Il est alors élevé, par les amplificateurs, d'environ 70 décibels ; une nouvelle réduction de niveau, de quelques décibels, s'effectue dans le démodulateur et une autre réduction de 9 décibels dans l'affaiblisseur d'arrivée. Si la communication est prolongée au delà de Key West, par exemple vers Miami ou New York, on règle l'affaiblisseur de façon à obtenir un affaiblissement de 9 décibels entre le transformateur différentiel de Key

West et le tableau commutateur d'arrivée du bureau central interurbain de la ville de destination.

Le problème de la transmission satisfaisante des courants vocaux sur cette voie présente plusieurs points particulièrement délicats. L'amplificateur de départ doit procurer un gain de transmission ayant l'importance requise, mais sans que la modulation risque d'engendrer de nouvelles fréquences gênantes comprises dans le groupe de bandes de fréquences que l'amplificateur doit transmettre effectivement. Les fréquences parasites engendrées par l'amplificateur, mais situées en dehors de ce groupe de bandes, sont supprimées par les filtres directeurs et ne nuisent pas à la transmission. Il existe d'autres sources possibles de modulation : ce sont les filtres directeurs et les transformateurs d'adaptation des impédances. Ils doivent transmettre les courants de niveau élevé provenant de l'amplificateur ; mais ils ne doivent pas les moduler au point de donner naissance à de nouvelles fréquences nuisibles comprises dans le groupe des bandes utilisées en sens opposé. A ces dernières fréquences, le niveau est extrêmement bas ; par suite, dans ces éléments de circuits, la modulation doit être maintenue extrêmement faible. On a constaté que des résistances du type ordinaire des condensateurs au mica, etc... étaient à l'origine d'une modulation ayant des conséquences fâcheuses. Les transformateurs à noyau de fer ordinaires risquent également de causer des perturbations. Il a fallu prendre des précautions spéciales pour réduire à des limites admissibles la modulation des transformateurs d'adaptation des impédances.

Suppression des bruits. — Comme on l'a déjà rappelé, à l'extrémité réceptrice le problème important qui se pose est naturellement de soustraire aux phénomènes d'interférence le circuit d'arrivée, sur lequel le niveau de transmission est très bas. En prenant les précautions nécessaires à ce sujet, on a étudié un grand nombre de sources de bruits, parmi lesquelles : la diaphonie occasionnée par les autres voies téléphoniques ou télégraphiques à courants porteurs ; les oscillations de haute fréquence engendrées par les appareils télégraphiques à courant continu fonctionnant au voisi-

nage des installations à haute fréquence ; les stations radioémettrices ; les lignes de transport de force ou de lumière ; les câbles télégraphiques sous-marins, et d'autres sources de bruits moins importantes.

Le manque de place s'oppose à ce que nous entrions dans des détails sur les études en question ; mais il est intéressant de dresser le tableau de certaines mesures prises pour remédier à ces causes de dérangements :

filtres spéciaux associés à toutes les sources d'énergie des bureaux centraux téléphoniques ;

écrans spéciaux destinés à protéger les amplificateurs d'arrivée ;

bobines atténuatrices placées en série sur tous les circuits télégraphiques à courant continu inclus dans le câble souterrain ;

appareils télégraphiques à courant continu munis d' « étouffeurs d'étincelles » spéciaux et de dispositifs destinés à supprimer les hautes fréquences ;

appareils limiteurs de fréquences sur le circuit télégraphique sous-marin de la Commercial cable cy ;

filtres limiteurs de fréquences sur les circuits télégraphiques à courants porteurs des câbles de 1921 ;

écrans spéciaux pour diminuer les effets d'induction causés par les autres installations téléphoniques à haute fréquence existant dans les bureaux terminaux ;

amélioration de l'équilibre (par rapport à la terre) de certains des appareils installés antérieurement ;

diverses prises de terre spéciales sur les appareils et les circuits en câble, dans le bureau central téléphonique et dans la guérite du câble sous-marin.

Comme particulièrement intéressant, on citera le cas des circuits télégraphiques sous-marins de la Commercial cable cy posés entre la Havane et New York ; cette liaison, exploitée à des fréquences forcément basses, gênait la transmission téléphonique sur les voies à courants porteurs, dont la fréquence atteint parfois 28.000 p : s, par suite des effets d'induction qui se produisaient dans le câble souterrain qui renferme les circuits des deux catégories. Grâce à la généreuse collaboration de la Commercial

cable c^y, on a pu obtenir qu'un dispositif limiteur de fréquences soit ajouté au poste de transmission qui dessert son câble.

En appliquant ces diverses mesures de protection, on a pu réduire dans une proportion de 40 à 60 décibels, le bruit total qui se manifestait à Key West et à la Havane, de sorte qu'avec l'exploitation actuelle le bruit de toutes les autres sources est du même ordre de grandeur que celui que l'on constate sur le câble lui-même, bruit qui est extrêmement faible aux fréquences élevées. Il rappelle le bruit dû à l'effet Johnson [1] (bruit dû à la résistance, ainsi qu'on l'appelle ordinairement), dans lequel le conducteur agit lui-même comme source des variations de la tension, lesquelles sont uniformément réparties sur l'ensemble du spectre des fréquences. L'effet Johnson impose une limite définie au niveau inférieur de transmission sur tous les circuits de télécommunication.

Possibilités d'extension future. — Les installations actuelles ne représentent pas le maximum de liaisons que le nouveau câble est susceptible de procurer. Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, si les exigences du trafic continuent d'augmenter au point de rendre nécessaire la mise en service de nouvelles voies de communication, on pourra utiliser une bande de fréquences encore plus large pour se procurer ces nouvelles voies. Il faudra réaliser certains perfectionnements ; mais on espère pouvoir ensuite mettre en service trois liaisons téléphoniques supplémentaires. De plus, si l'on a besoin d'un plus grand nombre de voies télégraphiques, on pourra établir des liaisons télégraphiques à haute fréquence à la place d'une ou plusieurs voies téléphoniques. Par exemple, en supposant que la capacité finale du câble soit de six voies de communication téléphoniques, on pourra prendre des dispositions telles, qu'il soit possible d'en employer deux comme circuits télégraphiques exploités au moyen de courants porteurs de haute fréquence. Alors le nouveau câble se prêtera à la transmission simultanée de quatre conversations téléphoniques et messages télégraphiques d'au moins vingt-quatre dans les deux sens de transmission.

---

1. J.-B. Johnson, *Thermal agitation of electricity in conductors* (*Physical review*, juillet 1928, pages 97-109).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur le rayonnement du poste radioémetteur de la tour Eiffel (Pierre David, *C.R. Acad. sciences*, 19 décembre 1932). — En raison des nécessités de son service, le poste de la tour Eiffel emploie, pour ses émissions radiotéléphoniques de jour sur l'onde de 1445 mètres, l'antenne dite moyenne, constituée de la manière suivante : de la plate-forme intermédiaire, placée à 200 mètres de hauteur, partent trois brins isolés, de 315 mètres de longueur, qui descendent obliquement vers le sud-est sur une distance horizontale de 255 mètres. Ces trois brins se terminent à 5 mètres au dessus du sol et sont réunis pour pénétrer dans le poste souterrain du Champ-de-Mars.

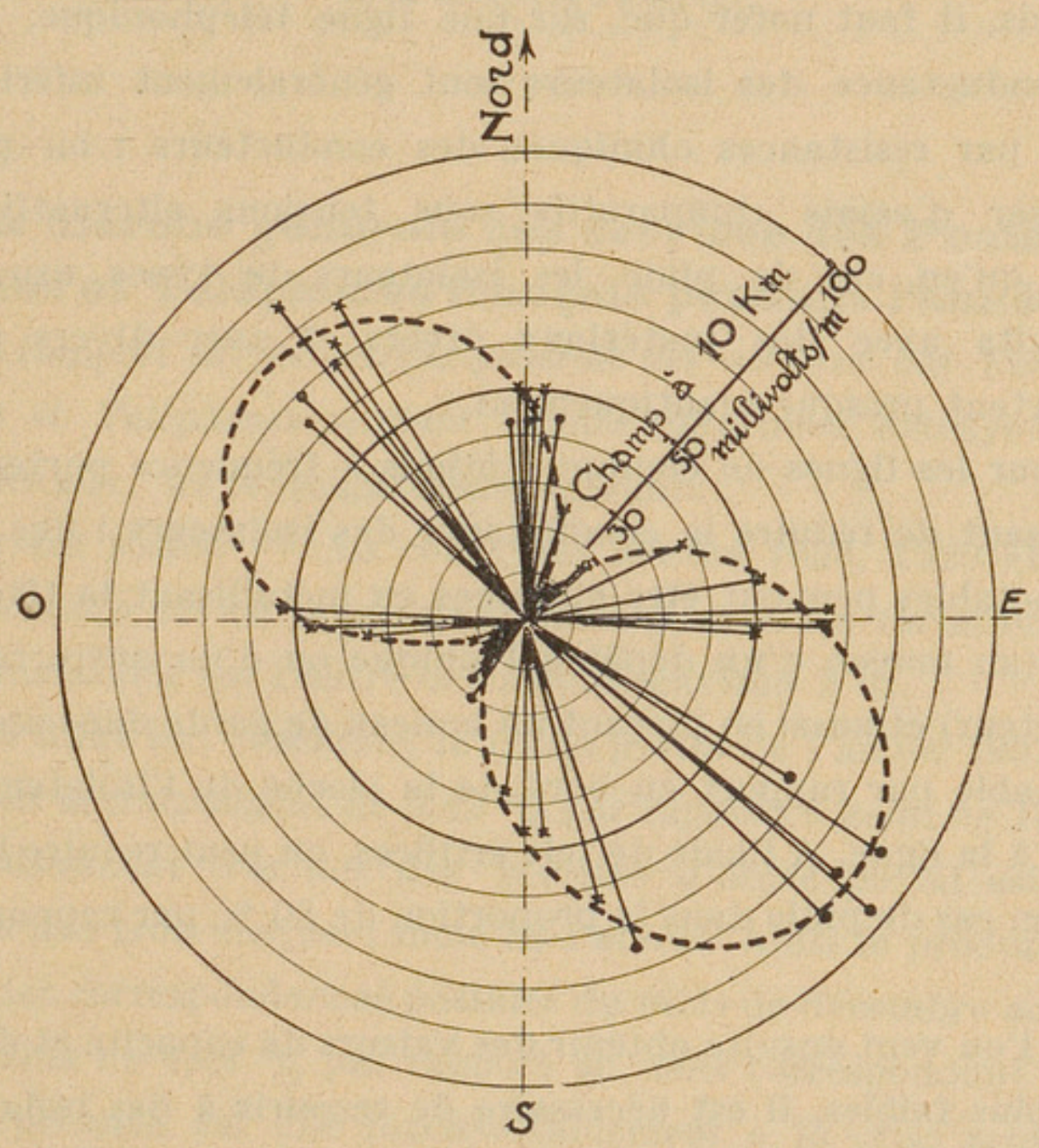
Il résulte de cette disposition que l'antenne rayonne librement dans la direction du sud-est, tandis que, vers le nord-ouest, elle est masquée par la masse de la tour. On pourrait donc s'attendre que son rayonnement fût maximum dans la première direction et minimum dans la seconde.

Or une série de mesures de champ, effectuées en France jusqu'à des distances de 700 kilomètres, de janvier à novembre 1932, a montré qu'il en était tout autrement. Le rayonnement est presque aussi intense vers le nord-ouest que vers le sud-est, la hauteur effective de l'antenne semblant être de 100 et 110 mètres respectivement, dans ces deux directions. Par contre, c'est dans la direction perpendiculaire que l'on observe un double minimum symétrique très net, dans lequel l'énergie rayonnée se trouve réduite au centième environ : la hauteur effective mesurée vers le nord-est ou le sud-ouest tombe à 10 mètres.

Le diagramme de rayonnement ressemble donc à celui d'un cadre placé dans le plan antenne-tour.

Ce résultat semble prouver que les parties métalliques de la tour sont le siège de courants importants, dus au couplage par induc-

tion et capacité avec l'antenne. L'ensemble agit alors comme un cadre triangulaire, fermé en haut par capacité, en bas par la terre, jouant le rôle de conducteur. La hauteur effective calculée pour un tel cadre,



Les mesures effectuées en janvier 1932 sont indiquées par des points ronds ; celles effectuées en juillet et octobre (après légère modification de l'antenne) sont indiquées par des croix.

d'après ses dimensions et pour l'onde de 1445 mètres, ressort bien, en effet, à une centaine de mètres.

Cette singularité confirme, dans le cas spécial de la tour Eiffel dont les dimensions sont importantes, le rôle que peuvent jouer les pylônes métalliques dans le rayonnement des antennes.

Essais effectués sur des isolateurs pour lignes de télécommunications à courants porteurs (*Alta frequenza*, juin 1932) (extraits). — Des nombreuses mesures de conductance effectuées sur isolateurs soumis à des tensions continues et à des tensions alternatives de fréquences comprises entre 10^4 et 10^5 hertz, résulte en particulier l'insuffisance des essais

d'isolement sous tension continue pour des isolateurs destinés à des lignes de télécommunications à courants porteurs et aussi pour des isolateurs téléphoniques. En ce qui concerne ces derniers toutefois, il faut noter que, sur une ligne téléphonique, les pertes par conductance des isolateurs sont généralement inférieures aux pertes par résistances ohmiques des conducteurs : on peut donc se passer d'essais comparatifs sous tensions alternatives, étant donné qu'en cas de pluie, les isolateurs de types usuels, même construits avec des matériaux divers et avec divers profils, se comportent presque identiquement.

Pour les lignes de communications à fréquence porteuse, il est intéressant de réduire la conductance des isolateurs : des améliorations notables peuvent être obtenues en métallisant la tête de l'isolateur (au moyen d'un dépôt galvanique ou d'un autre revêtement conducteur) et aussi en plaçant un anneau de garde dans une position convenable par rapport au bord de la cloche de l'isolateur et en le reliant à la ligne. A l'aide de tels artifices, on peut réduire la conductance en cas de pluie dans la proportion de 80 % par rapport au type normal.

Si l'on veut ensuite obtenir des valeurs de capacité et de conductance plus faibles, il est nécessaire de recourir à des isolateurs suspendus du type cylindrique munis d'ailettes pour interrompre la pellicule d'eau superficielle et pourvus d'anneaux de garde convenables.

INFORMATIONS.

La marche générale des services des Postes, Télégraphes et Téléphones français pendant l'année 1931. — Du *Rapport sur la marche générale des services des Postes, Télégraphes et Téléphones pendant l'année 1931*, nous extrayons, à titre documentaire, les renseignements suivants :

Service postal. — Au cours des années 1928, 1929 et 1930, le trafic postal a été en progression constante, et les variations constatées d'une année sur l'autre ont atteint environ 2 %.

Pris dans son ensemble, le trafic postal de l'année 1931 marque encore un accroissement de 0,42 % par rapport à celui de 1930. Mais un fléchissement très net des recettes d'ordre postal est observé au cours des trois derniers mois de l'année. Ainsi le produit vrai de la taxe des correspondances postales du mois de décembre accuse une moins-value de 4,14 % par rapport au mois correspondant de 1930. Cette dépression est due incontestablement à la crise économique.

En 1931, les effectifs ont passé de 109.406 unités à 110.941, soit une augmentation de 1,4 % par rapport à 1930. Les renforts ont eu principalement pour objet l'amélioration du service de la distribution dans certaines localités.

Deux bureaux ambulants nouveaux, créés sur la ligne de Paris à Marseille, ont procuré une amélioration sensible de l'acheminement des correspondances à destination de la vallée du Rhône et de la Côte d'azur. Depuis cette création, les correspondances issues de la 8e levée à Paris parviennent à Marseille à 10 heures au lieu de 15h17, et à Nice à 14h35 au lieu de 20 heures. Dans cette dernière ville, l'amélioration est d'autant plus appréciée, que les objets sont distribués le jour même au lieu du lendemain.

Au cours de l'année 1931, il a été construit 48 wagons-poste métalliques de 20m,28 du type nouveau ; en outre, on a passé la commande de 63 wagons métalliques de modèle réduit et 56 allèges de 17 mètres.

Le poids total des correspondances transportées par la voie aérienne a passé de 83.000 à 93.750 kilos, soit un accroissement de 13 %. Le poids des correspondances d'origine française a passé de 40.704 à 47.567 kilos, soit une augmentation de 16,86 %. Le transit étranger de la poste aérienne augmente également à une allure rapide, puisqu'il a passé de 8.895 kilos en 1930 à 12.221 kilos en 1931, ce qui indique un accroissement de 38 %.

Service télégraphique. — La baisse du trafic télégraphique qui s'était manifestée en 1930 a continué en 1931. Un nouveau fléchissement s'est produit dans les deux régimes intérieur et international (non compris la T.S.F.) : la diminution du trafic de la correspondance privée en 1931 par rapport à 1930 est de 970.000 télégrammes dans le régime intérieur et de 1.430.000 télégrammes dans le régime international. La régression totale atteint donc 2 millions de télégrammes en chiffres ronds. Ce fléchissement est dû à diverses causes : développement du téléphone, de la poste aérienne, de l'automobile, surtout de la crise économique mondiale, auxquelles il faut ajouter pour 1931 la mauvaise saison estivale.

Dans le régime intérieur, le nombre de télégrammes de presse, dont le tarif est très faible, est toujours en augmentation : de 299.170 en 1925, il est passé à 485.891 en 1930 et à 516.421 en 1931.

Le nombre des télégrammes téléphonés est également en progression : 6.634.500 en 1925, 9.077.655 en 1930 et 9.288.675 en 1931, malgré la baisse générale du trafic. La modernisation générale de l'outillage nécessaire à l'extension des télégrammes téléphonés a été poursuivie, particulièrement à Nancy, à Strasbourg, à Grenoble, à Bourg, à Voiron, à Saint-Etienne, à Nîmes, à Montbéliard et à Limoges.

Le nombre des correspondances pneumatiques est resté sensiblement le même.

La régression des télégrammes urgents s'est poursuivie : ils sont tombés de 396.600 en 1929 à 298.300 en 1930 et à 260.700 en 1931.

En ce qui concerne le service international, on constate, une fois de plus, la tendance du public à utiliser pour sa correspondance en langage clair avec les pays d'outre mer, les télégrammes à tarif réduit : télégrammes différés, lettres-télégrammes (NLT et DLT), télégrammes de fin de semaine (WLT).

Service téléphonique. — Les statistiques relatives au développement du téléphone au cours des années 1930 et 1931 donnent les résultats généraux suivants :

	1930.	1931.
Accroissement du nombre des abonnés	52.156	37.649
Accroissement du trafic interurbain	19.085.281	16.466.397
Accroissement des produits des communications.	77.972.393	83.343.450

Il résulte des chiffres ci-dessus que le développement du service téléphonique s'est ralenti, par suite de la situation économique. Le nombre total d'abonnements souscrits a été sensiblement le même que les années précédentes ; mais le nombre des résiliations a augmenté, surtout dans le réseau de Paris.

Les trafics urbain et interurbain ont subi un ralentissement. Par contre, le trafic international a augmenté, du fait de l'amélioration des relations internationales résultant de la mise en service de nouveaux câbles souterrains à grande distance.

Les produits des communications sont en augmentation, par suite de l'élévation des taxes de communications urbaines. Cet accroissement a compensé la diminution des produits interurbains résultant de la diminution du trafic.

L'amélioration de l'outillage s'est poursuivie activement.

Le nombre d'abonnés desservis en automatique a passé de 17,36 à 25,91 %.

Service des chèques postaux et des articles d'argent. — Le trafic des chèques postaux s'est développé de façon remarquable au cours de l'année 1931. L'accroissement, par rapport à 1930, s'est élevé à 8,75 % en ce qui concerne le nombre des opérations et à 7,7 % en ce qui concerne le montant total des mouvements de fonds. En 1930, le pourcentage d'augmentation, par rapport à l'année 1929, n'avait été que de 6,5 % pour le nombre des opérations et de 7,5 % pour le montant total des opérations.

Le trafic total des mandats d'articles d'argent émis en 1931 est en augmentation sur les résultats de 1930, malgré le ralentissement de la vie économique du pays. Ce fait peut s'expliquer, en partie, par l'emploi du mandat-poste pour le règlement des prestations de toute nature servies par les caisses d'assurances sociales à leurs affiliés.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

734.446. Distributeurs pour circuits électriques, utilisant des tubes thermoioniques ou autres dispositifs analogues (Le Matériel téléphonique, France).

738.303. Disposition de couplage pour installations intermédiaires télégraphiques, dans lesquelles les lignes de raccordement travaillent avec des modes de fonctionnement différents (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

738.504. Installation télégraphique avec dispositif de répétition des signaux (A. Bakker et H.C.A. van Duuren, Pays-Bas).

739.075. Système de commutation pour échange de communications par télégraphes imprimeurs (International communications laboratories, Etats-Unis).

739.321. Perfectionnements aux appareils de signalisation télégraphique (Imperial and international communications et H.V. Higgitt, Angleterre).

739.349. Appareil de connexion ou de raccordement au réseau (H. Fuld et C°, Telephon und Telegraphenwerke Aktiengessellschaft, Allemagne).

41.424. Installation télégraphique ou téléimprimeuse (écrivante) (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne) (3e addition au brevet n° 669.817).

Téléphonie.

738.449. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

739.236. Disposition de couplage pour installations d'indication à distance, avec plusieurs stations situées sur une même ligne (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

739.313. Appareil automatique de contrôle pour appareils téléphoniques (G. Campana, France).

739.426. Perfectionnements aux dispositifs de protection des installations téléphoniques (A. Mikhalovsky, Maroc).

739.532. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

739.664. Disposition pour installations téléphoniques automatiques (Telefonaktiebolaget L.M. Ericsson, Suède).

41.296. Perfectionnements au poste téléphonique à prépayement pour réseaux téléphoniques à batterie centrale donnant une inversion de courant à la réponse de l'abonné demandé (Le Taxiphone, France) (1re addition au brevet n° 710.896).

Transmission des images.

738.475. Perfectionnements aux appareils de télévision (Radio corporation of America, Etats-Unis).

738.740. Perfectionnements aux dispositifs de télévision et analogues (The Gramophone company, Angleterre).

738.655. Dispositif de synchronisation pour la réception de rayons cathodiques (Fernseh, A.G., Allemagne).

739.077. Procédé et dispositifs de synchronisation applicables en particulier à la télévision par tubes cathodiques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston et Société Electric and musical industries, France et Angleterre).

739.153. Vis à miroirs multiples (Süddeutsche Telefon-Apparate, Kabel und Drahtwerke Aktiengesellschaft Tekade, Allemagne).

Pour pouvoir utiliser avec une vis à miroirs à grand nombre de lamelles réfléchissantes, dans les postes récepteurs de télévision, une source de lumière modulée de faible intensité et une faible distance d'observation entre l'œil de l'observateur et la vis à miroir, on répartit les lamelles réfléchissantes non pas seulement dans l'angle 2π, mais dans un angle $n2\pi$. Naturellement il faut faire tourner la vis à miroir n fois plus vite ; comme n lamelles réfléchissantes occupent à tour de rôle la même position angulaire, il est nécessaire d'en masquer $(n-1)$ afin d'éviter l'apparition simultanée de n points dans l'image reproduite ; ce résultat s'obtient au moyen d'un tambour entourant la vis à miroir, muni d'une fente hélicoïdale de n spires et tournant n fois moins vite que la vis à miroir.

Grâce à ce tambour associé à une telle vis à miroirs multiples il est possible de placer la source de lumière modulée dans la même boîte que le tambour, et d'observer à courte distance, ce qui accroît beaucoup la luminosité des images reproduites au poste récepteur de télévision

739.200. Lampe électronique pour l'amplification, le redressement ou la production d'oscillations (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

Pour agir de façon désirée *à priori* sur la caractéristique du courant plaque en fonction de la tension grille d'un triode, en vue de son utilisation dans des dispositifs de correction de distorsions ou de défauts dans la transmission, on munit la plaque de perforations inégales dans leurs dimensions et leurs formes le long du filament, et l'on combine ces perforations avec une conformation irrégulière de la grille et une émissivité variable du filament le long de celui-ci.

739.207. Montage de commande de tubes luminescents pour la télévision (Fernseh A.G., Allemagne).

739.208. Commande de la luminosité des tubes dits de Braun, en particulier pour la télévision (Fernseh A.G., Allemagne).

739.260. Cathode à incandescence, particulièrement pour tubes de Braun (Radio Aktiengesellschaft D.S. Loewe et M. B. Wienecke, Allemagne).

739.278. Perfectionnements aux tubes à rayons cathodiques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, et Electric and musical industries limited, France et Angleterre).

739.644. Perfectionnements aux systèmes d'analyse pour l'émission et la réception de télévision, télécinématographie (invention R. Barthélemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France).

739.864. Dispositif pour la commande synchrone des appareils disjoncteurs et compositeurs d'images des appareils de télévision (Süddeutsche Telefon-Apparate, Kabel und Drahtwerke Aktiengesellschaft Tekade, Allemagne).

739.979. Perfectionnements aux systèmes de télévision, téléphotographie et analogues (R. Lyon et A.T. Stoyanowsky, France).

41.399. Perfectionnements aux dispositifs pour la transmission d'images (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (5e addition au brevet n° 667.930).

Radiocommunications.

738.264. Dispositifs pour la réception, la sélection, l'épuration et l'amplification, à l'arrivée, de signaux électriques à polarités différentes (A. Osti, Italie).

738.282. Dispositif pour la mesure de la modulation particulièrement pour les postes émetteurs de T.S.F. (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

738.289. Bloc d'accord pour appareil radioélectrique (Société de fabrications industrielles, France).

738.451. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs (Compagnie générale de signalisation, France).

738.528. Procédé et dispositifs de réception de T.S.F. et de détermination de direction pour avions, aéronefs, etc... (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

738.774. Procédé pour la transmission sans fil des nouvelles (M. von Ardenne, Allemagne).

738.782. Antenne pour émetteurs de radiodiffusion (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

738.872. Perfectionnements aux systèmes d'antennes (Marconi's wireless telegraph company limited, Angleterre).

739.024. Perfectionnements apportés à la production des oscillations et aux oscillateurs (Compagnie française pour l'exploitation

des procédés Thomson-Houston, et Electric and musical industries limited, France et Angleterre).

739.045. Dispositif régulateur de tension électrique alternative pour l'alimentation de tous appareils électriques et notamment des appareils radio-récepteurs et des amplificateurs (Société anonyme Volfar, France).

739.096. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs (Compagnie générale de signalisation, France).

739.097. Perfectionnements aux dispositifs détecteurs pour appareils radio-récepteurs (Compagnie générale de signalisation, France).

739.098. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs (Compagnie générale de signalisation, France).

739.105. Perfectionnements apportés au montage des circuits d'accord à haute fréquence utilisés pour la T.S.F. et appareil réalisant ledit montage (L.E.T. Branch, Angleterre).

739.131. Couplage et dispositif compensateur électrolytique du fading et des vibrations (B. Piesker et W. Goy, Allemagne).

739.154. Dispositifs transmetteurs, récepteurs et amplificateurs, et similaires (G.-W. Walton, Angleterre).

739.301. Coupleur de bobines pour postes récepteurs radiotéléphoniques (F.M. Frederiksen, Danemark).

739.319. Perfectionnements apportés aux appareils tels qu'inverseurs, commutateurs, combinateurs de circuits électriques, particulièrement employés en T.S.F. (R. Basset, France).

739.370. Combinaison nouvelle permettant l'accouplement avec un bouton de commande unique de plusieurs résistances ou potentiomètres et d'un interrupteur, et perfectionnements apportés dans la constitution de ces appareils (J. Limès, France).

739.578. Perfectionnement aux procédés de synchronisation (H.-J.-J.-M. de Regnauld de Bellescize, France).

739.612. Perfectionnements aux systèmes générateurs d'oscillations électriques (Le Matériel téléphonique, France).

739.683. Combinaisons d'appareils téléphoniques et de postes diffuseurs ou récepteurs de T.S.F. (S.Kirchstein, Allemagne).

739.732. Amplificateur à lampes thermoïoniques (W. A. Chambers, Angleterre).

739.733. Perfectionnements aux systèmes amplificateurs (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

739.736. Perfectionnements aux systèmes de guidage des mobiles (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

739.756 et 739.757. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs (Compagnie générale de signalisation, France).

739.762. Perfectionnements aux appareils d'accord à haute fréquence (Hazeltine corporation, Etats-Unis).

41.364. Perfectionnements aux méthodes de radiocommunications (Société française radioélectrique, France) (2e addition au brevet n° 629.595).

41.471. Perfectionnements aux postes radio-émetteurs à gamme étendue de longueur d'onde à variation continue (Société française radio-électrique, France) (1re addition au brevet n° 696.263.)

41.497. Nouveau procédé de synchronisation (H.-J.-J.-M. de Regnauld de Bellescize, France) (2e addition au brevet n° 721.692).

Divers.

738.664. Dispositif pour la signalisation et la commande à distance (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

738.959. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique (Automatic electric company limited, Angleterre).

739.220. Nouveau système de transmission d'ordres et de commandes à distance (Société générale de constructions électriques et mécaniques (Alsthom), France).

739.551. Perfectionnements aux réseaux électriques (Le Matériel téléphonique, France).

739.882. Appareil sensible à la forme d'onde d'un courant électrique (The general electric company limited, Angleterre).

41.410. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique (Associated telephone and telegraph company, Etats-Unis) (1re addition au brevet n° 728.611).

BIBLIOGRAPHIE.

Die Hochspannungsfreileitung, par Karl Stôckinger. Berlin, Julius Springer, 1931. 1 vol. in-8° de 131 pages.

Cet ouvrage a pour objet l'étude des dispositions adoptées pour la construction des lignes d'énergie à haute tension et le calcul de leurs divers éléments constitutifs. L'auteur commence par rappeler les caractéristiques des matériaux utilisés ; puis il examine les questions de construction proprement dite : grandeurs des portées, tension des fils, leur hauteur au dessus du sol, etc... Les différents types d'appuis sont ensuite décrits et leur calcul exposé en détail. Un chapitre spécial est réservé aux pylônes métalliques. Les considérations développées sont appliquées à de nombreux cas concrets, qui sont traités complètement à la fin de chaque chapitre. L'ouvrage se termine par des tableaux de valeurs numériques et des courbes facilitant le calcul des pylones et de leurs fondations.

V.-L. D.

Absolute metingen der geluidsintensiteit ter bepaling van het minimum audibile, par H.-C. Huizing. La Haye, Wolters, 1932. 1 vol. in-8° de 63 pages, avec 10 figures.

Ce petit ouvrage est une thèse de doctorat soutenue en 1932 à l'université de Groningen. Son auteur y étudie une méthode de mesure des intensités acoustiques spécialement applicable aux sons de faible amplitude. Il s'agit, en l'espèce, de sons ayant une intensité atteignant 10^{-10} ergs : cm^2 par seconde. Après avoir rappelé quelques formules essentielles de l'acoustique et en particulier celles qui concernent l'énergie rayonnée par un récepteur téléphonique, l'auteur indique les deux modes opératoires qu'il a utilisés pour déterminer le mouvement du diaphragme : d'une part l'examen microscopique du diaphragme ; d'autre part la constitution d'un condensateur

dont le diaphragme constitue l'une des armatures et qui possède une capacité variable en raison des déplacements de la membrane qui a été poussée jusqu'à des déplacements de 0,001 micron. Cette étude a été en outre complétée par une exploration méthodique et détaillée du mode de vibration et par une comparaison systèmatique avec les prévisions théoriques. L'auteur a d'ailleurs étendu son examen au rayonnement acoustique du récepteur, dont il a relevé la forme, et à la vérification de la courbe de sensibilité de l'oreille, qu'il a reconnue avoir un maximum de 10^{-9} ergs : cm² sec. au voisinage de la fréquence de 800 p : s. Sa théorie contient donc un ensemble de renseignements scientifiques, fruits d'études théoriques et de vérifications expérimentales, qui seront d'un vif intérêt pour tous les techniciens, de plus en plus nombreux à notre époque, qui ont à résoudre des problèmes d'acoustique théorique et appliquée. P. C.

Actualités scientifiques : série de 1932. Paris, Hermann, 1932.

Signalons d'abord le grand effort que poursuit en ce moment la librairie scientifique Hermann. Elle publie une série d'exposés, d'une trentaine de pages chacun, écrits par des spécialistes, sur les problèmes à l'ordre du jour dans les domaines scientifiques. Ces brochures sont admirablement présentées, avec de très belles planches, et la lecture en est très aisée. Elles font suite aux séries des années précédentes, dont elles sont une extension très heureuse. Un des mérites de l'éditeur est de les publier très vite : il s'écoule parfois moins d'un mois entre le jour de la remise du manuscrit et celui de la parution de l'ouvrage, ce qui en accroît l'intérêt. Elles permettent ainsi aux esprits curieux de suivre l'évolution de la science d'une façon plus sérieuse que par la lecture des organes de vulgarisation.

Voici les titres des exposés de la série de 1932 :

31. L. de Broglie, *Généralisation des relations d'incertitude* ;
32. I. Curie et F. Joliot, *L'existence du neutron* ;
33. J.-L. Destouches, *Etat actuel de la théorie du neutron* ;
34. S. Rosemblum, *Origine des rayons gamma ; structure fine du spectre magnétique des rayons alpha* ;
35. A. Magnan, *Premiers essais de cinématographie ultra-rapide* ;

36. A. Sainte-Lague, *Probabilités et morphologie* ;
37. N. Marinesco, *Influence des facteurs électriques sur la végétation* ;
38. A. George, *Mécanique quantique et causalités* ;
39. L. Brillouin, *Notion de mécanique ondulatoire : les méthodes d'approximation* ;
40. E. Bauer, *Critique des notions d'éther, d'espace et de temps (relativité)* ;
41. F. Perrin, *La dynamique relativiste et l'inertie de l'énergie* ;
42. L. de Broglie, *Conséquences de la relativité dans le developpement de la mécanique ondulatoire* ;
43. G. Darmois, *La théorie einsteinienne de la gravitation ; vérifications expérimentales* ;
44. E. Cartan, *Le parallélisme absolu et la théorie unitaire du champ* ;
45. P. Langevin, *La relativité ; conclusion générale* ;
46. A. Magnan, *Cinématographie jusqu'à 12000 vues par seconde* ;
49. H. Reichenbach, *La philosophie scientifique ; vues nouvelles sur ses buts et méthodes* ;
50. P. Swings, *Les bandes moléculaires dans les spectres stellaires* ;
51. H. Brasseur, *Structure et propriétés optiques des carbonates* ;
53. M. Chatelet, *Spectres d'absorption visibles et ultraviolets des solutions* ;
54. L. Leprince-Ringuet, *Les transmutations artificielles ; rupture des noyaux atomiques par bombardement de particules alpha, neutrons, protons, rayons cosmiques.*

La première brochure est un exposé de Louis de Broglie sur la mesure des grandeurs dans la nouvelle mécanique ; l'auteur analyse avec commentaires un récent mémoire de Landau et Peierls sur les relations d'incertitudes, aussi bien pour les grandeurs électromagnétiques que pour les grandeurs mécaniques. La seconde est l'exposé, par Irène Curie et F. Joliot, de leurs expériences qui ont donné une assise sérieuse à l'hypothèse du neutron. On trouvera, dans un article de ce numéro des *Annales des P.T.T.*, la définition du neutron et le résumé des recherches faites sur ce sujet dans les laboratoires de Mme Curie, de Rutherford à Cambridge et de MM. de Broglie à Paris. Nous y renvoyons le lecteur. L. L.-R.

Théorie et pratique de la télévision, par E. Aisberg et R. Aschen. Paris, Chiron, 1932. 1 vol. in-4° de 240 pages, avec 216 schémas et photographies.

Dans un langage simple et sans faire appel à des connaissances spéciales, les auteurs exposent les principes fondamentaux de la télévision dans son état actuel et décrivent la réalisation détaillée de certains appareils récepteurs de télévision.

Dans une première partie, consacrée à la théorie de la télévision,

après avoir exposé les divers procédés de traduction des variations d'intensité lumineuse en variations d'intensité de courant électrique et vice versa et les différents systèmes d'exploration point par point des images au poste transmetteur et de reconstitution point par point des images au poste récepteur, les auteurs indiquent certaines particularités de la transmission par câbles ou par ondes radioélectriques et ils expliquent ensuite en détail le principe des dispositifs de synchronisation des postes récepteurs par rapport au poste émetteur.

Dans une deuxième partie, intitulée *Pratique de la télévision*, les auteurs donnent la description de postes récepteurs de télévision à construire soi-même. De nombreux croquis cotés et des photographies illustrent cette deuxième partie de l'ouvrage, afin de faciliter le travail d'un amateur désireux de réaliser un appareil récepteur de télévision, soit pour vision individuelle, soit pour vision collective. En particulier, cet ouvrage contient plusieurs schémas d'amplificateurs pour télévision et des indications précises sur les défauts possibles des appareils récepteurs de télévision et sur les moyens d'y remédier. G. V.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 12-4-33.

ÉTUDES SUR LA TRANSMISSION DES SIGNAUX HORAIRES,

Rapports présentés à l'assemblée générale de l'Union internationale d'astronomie

par R. JOUAUST,
sous-directeur du Laboratoire central d'électricité,
conseiller technique du Laboratoire national
de radioélectricité.

L'Union internationale d'astronomie a tenu sa quatrième session à Cambridge (Massachusetts) du 2 au 9 septembre 1932. A la demande du président du Bureau des longitudes, le signataire de ces lignes avait été délégué à cette réunion par le ministre des Postes et Télégraphes. Nous croyons tout d'abord devoir expliquer les causes de cette désignation.

Depuis longtemps, les astronomes avaient senti le besoin de créer un organisme donnant l'heure moyenne. On sait que les astronomes déterminent l'heure, et par suite les corrections à apporter à leur pendule, en observant le passage au méridien de certaines étoiles. Cette opération, très délicate, comporte des erreurs. Il en résulte qu'à un moment donné les heures des divers observatoires diffèrent, ce qui n'est pas sans inconvénient pour les études astronomiques. Cet état de choses serait amélioré si, pour évaluer l'heure, il était possible d'utiliser les moyennes des observations des divers observatoires. L'émission radiotélégraphique permet d'arriver à ce résultat : il suffit de prendre comme heure vraie la moyenne des heures attribuées par chaque observatoire à un signal horaire donné.

En 1912, une première réunion d'astronomes étudia la créa-

tion d'un organisme chargé de ce travail. C'est en France qu'avaient eu lieu les premières émissions de signaux horaires. Nous rappellerons que cette initiative était due au regretté général Ferrié, qui, en outre, en collaboration avec MM. Driencourt et Claude, avait imaginé un procédé permettant la comparaison des indications des pendules aux signaux horaires avec une précision supérieure au centième de seconde. C'est pour cette raison que l'organisme créé sous le nom de *Bureau international de l'heure* fut rattaché à l'observatoire de Paris. L'Union astronomique internationale, créée à Bruxelles en 1919 sous les auspices du Conseil international des recherches, établit définitivement les statuts et l'organisation du Bureau international de l'heure (B.I.H.), dont le fonctionnement fut désormais assuré par une subvention internationale versée à l'observatoire de Paris par l'Union internationale astronomique. Le rôle essentiel du Bureau international de l'heure est donc de concentrer les déterminations des divers observatoires, d'en effectuer les moyennes et d'assurer la publication des résultats.

Il doit également étudier et améliorer les procédés permettant de déterminer, en fonction des indications d'une pendule, l'heure d'un signal horaire transmis par la radiotélégraphie. Cette dernière partie des fonctions du Bureau international de l'heure ne peut être évidemment assurée qu'avec la collaboration d'un spécialiste de la radiotélégraphie, et c'est dans ces conditions que nous fûmes chargé par le général Ferrié, au laboratoire duquel nous étions alors attaché, de prendre en main cette partie du problème. C'est dans ces conditions que nous avons établi en 1921 le premier dispositif pratique d'enregistrement de signaux horaires, auquel nous avons apporté depuis lors de nombreux perfectionnements.

Le domaine des recherches du Bureau international de l'heure s'est beaucoup élargi depuis sa fondation. On n'a pas tardé à s'apercevoir que certaines différences systématiques entre les résultats de divers observatoires pouvaient mettre en évidence certains phénomènes importants. C'est ainsi qu'on a pu constater que les positions des continents n'étaient pas fixes, qu'elles semblaient pré-

senter certaines variations périodiques, les unes saisonnières, les autres suivant probablement la période de l'activité solaire, et qu'on a pu soupçonner un déplacement continu des continents les uns par rapport aux autres, dérive prévue à la suite de constatations géographiques par le géodésien allemand Wegener ; mais ces déplacements seraient extrêmement faibles : la dérive de l'Amérique par rapport à la France serait de quelques centimètres par an.

On conçoit que, pour arriver à de semblables résultats, il faille déterminer d'une façon très précise l'heure d'un signal radiotélégraphique et par suite éliminer toutes les causes d'erreur. C'est ainsi qu'il importe de tenir compte des retards des appareils enregistreurs et que nous avons été amené, au cours des années 1931 et 1932, à étudier et à mettre au point des dispositifs pour évaluer ces retards.

Mais ces procédés n'ont de sens que si l'émission d'un signal horaire peut être considérée comme une perturbation à front raide ; il faut donc connaître la forme et l'établissement du courant et de la fréquence dans le poste émetteur, afin d'éliminer des calculs les résultats obtenus sur des émissions qui s'écarteraient trop de la condition indiquée plus haut : c'est ainsi que nous avons été conduit à déterminer cette forme pour les émissions françaises par des études faites aux postes de Croix d'Hins et de Pontoise.

Ces diverses recherches n'ont pu être menées à bonne fin que grâce au Laboratoire national de radioélectricité, auquel nous appartenons en qualité de conseiller technique, et où nous avons trouvé tous les appareils nécessaires, et aussi grâce au concours que nous a apporté le Service de la télégraphie sans fil, dont nous devons remercier ici le directeur, M. Picault.

Les deux rapports présentés par nous à la dernière session de l'Union internationale d'astronomie, et qui sont publiés ci-dessous, montrent l'importance, pour l'astronomie, des travaux exécutés en France au Bureau international de l'heure.

Les résultats obtenus soulignent combien a été féconde la collaboration étroite qui a pu s'établir entre le Bureau international

de l'heure et les services de l'administration française des Postes et Télégraphes.

I

L'EMPLOI DES ONDES COURTES POUR LA TRANSMISSION DES SIGNAUX HORAIRES.

Par ondes courtes, nous entendons celles dont la longueur est inférieure à 100 mètres.

L'emploi de telles ondes pour la radiotélégraphie présente de tels avantages, que la tendance actuelle des administrations et compagnies exploitantes est d'abandonner complètement l'emploi des ondes longues. A titre d'exemple, nous pouvons signaler qu'aujourd'hui la liaison radiotélégraphique France—Amérique du sud est assurée uniquement par des ondes courtes, et que le poste de Saïgon n'utilise plus du tout son installation à ondes longues, avec laquelle ont été transmis pendant longtemps des signaux horaires. Si aucun revirement ne se produit, il est probable qu'avant peu les transmissions sur ondes longues auront cessé d'exister. Fórce sera donc aux observatoires d'utiliser uniquement les ondes courtes pour l'émission des signaux horaires.

Cet emploi pourra présenter quelques inconvénients, sur lesquels nous croyons devoir attirer l'attention.

Avant d'envisager certains points purement théoriques, nous croyons devoir signaler quelques inconvénients pratiques.

Il est un fait aujourd'hui bien acquis : Pour une longueur d'onde donnée, les conditions de propagation ne sont pas les mêmes de nuit et de jour, et telle onde, susceptible d'assurer de bonnes communications lorsque l'espace qui sépare l'émetteur du récepteur est éclairé, devient inefficace lorsque le trajet entre les deux correspondants est plus ou moins partiellement plongé dans l'obscurité. Au contraire, une onde de longueur un peu différente sera parfaitement transmise. Aussi les postes émetteurs disposent-ils d'au moins deux ondes : l'une pour les transmissions de jour, l'autre pour les transmissions de nuit.

Mais la règle d'emploi des deux ondes n'est pas aussi absolue que nous venons de l'indiquer. Le moment où il convient de passer

d'une onde à une autre dépend des saisons. La manière dont se propage telle ou telle onde est probablement soumise à des variations de longue période, cette période coïncidant peut-être avec celle des taches solaires, Il en résulte qu'il n'existe, pour les postes d'émission, aucune règle fixe pour l'emploi des ondes qui leur sont attribuées, et qu'à un moment donné un poste emploie celle de ses ondes qui est le mieux entendue par son correspondant. C'est ainsi qu'en France, pour assurer les communications avec l'Indochine, on a constaté que, les jours de brouillard au poste émetteur, il valait mieux utiliser l'onde réservée, en principe, à la nuit.

Lorsque les signaux horaires seront transmis par des postes ayant un faible trafic, ceux-ci pourront s'astreindre à transmettre ces signaux sur la fréquence prescrite ; mais il n'en sera plus de même si le poste doit assurer un important service. Il interrompra bien un instant son trafic pour émettre les signaux horaires ; mais il lui sera impossible, pendant ce court arrêt, de changer sa longueur d'onde, et celle sur laquelle aura lieu l'émission n'aura peut-être pas la valeur officielle figurant sur les listes donnant les caractéristiques des postes émettant des signaux horaires. Il en résultera que, dans bien des observatoires, il sera impossible de s'accorder à temps sur l'émission, ou que, lorsqu'on y arrivera, bon nombre des signaux horaires auront déjà été émis.

Nous allons, maintenant, examiner quelques particularités de la propagation des ondes courtes, susceptibles d'entraîner des erreurs plus ou moins importantes dans la comparaison à distance des pendules par la réception simultanée de signaux horaire émis sur ondes courtes.

Tandis que, pour les ondes longues, l'énergie est, en quelque sorte, canalisée à la surface du sol, pour les ondes courtes ce rayon direct est très vite affaibli.

La transmission de l'énergie à grande distance est certainement due à l'existence, dans la haute atmosphère, à une altitude de plusieurs centaines de kilomètres, d'une couche ionisée. Comment cette couche intervient-elle dans le mécanisme de la propagation ? Suivant certains auteurs, l'ionisation modifie pour les ondes hertziennes l'indice de réfraction, qui décroit avec

l'altitude. On sait que, dans ces conditions, si la relation :

$$\frac{d\,(r\,n)}{d\,r} < 0$$

(r étant la distance au centre de la terre) est satisfaite, un rayon envoyé vers la haute atmosphère suivant un angle convenable avec la verticale peut être renvoyé vers le sol. La trajectoire du rayon hertzien aurait, pendant une grande partie de son parcours, pour cercle osculateur une circonférence ayant pour centre le rayon de la terre.

Suivant d'autres auteurs, le rayon hertzien éprouverait une réflexion sur la couche ionisée, puis viendrait se réfléchir sur le sol. La transmission se ferait ainsi par réflexions successives entre le sol et la couche ionisée.

Nous n'avons pas l'intention de nous prononcer ici sur la validité de l'une ou l'autre de ces hypothèses. Nous nous bornerons à faire remarquer que, quelle que soit celle que l'on admet, le calcul montre que la différence, aux très grandes distances, entre le chemin réel parcouru et l'arc du grand cercle joignant le récepteur et l'émetteur, est faible. Ainsi, en admettant, pour altitude de la couche ionisée, une valeur de 340 kilomètres, deux réflexions seraient nécessaires pour permettre aux ondes de franchir les 6.000 kilomètres qui séparent Paris et Washington. Le chemin réel surpasserait de 5 % l'arc de grand cercle, et il n'en résulterait qu'un retard d'un millième de seconde.

Si l'on ne peut se prononcer sur le mécanisme de propagation des ondes aux grandes distances, il est certain qu'à petite distance on peut observer des réflexions sur la couche ionisée. En émettant un signal très bref, de durée inférieure au millième de seconde, on peut observer, dans un poste récepteur situé à 4 ou 5 kilomètres, l'arrivée de deux signaux consécutifs, l'un correspondant au rayon direct, et l'autre ne pouvant être dû qu'à la réflexion d'un rayon hertzien presque vertical sur un miroir dont la hauteur serait comprise, suivant les circonstances et l'heure de la journée, entre 200 et 400 kilomètres (1).

1. Voir T.R. Gillian, C.W. Kenrick et K.A. Norton, *Bureau of Standards, Journal of Research*, décembre 1931, p. 1085.

Nous allons maintenant passer en revue, à la lumière de ce que nous venons de dire, les différents phénomènes qui peuvent influer sur les conclusions tirées d'une réception de signaux horaires.

Nous avons déjà dit qu'à grande distance l'utilisation des ondes longues ou celle des ondes courtes ne devaient pas provoquer de grandes différences. Mais il peut se produire certains phénomènes particuliers qui peuvent, dans certains cas, paraître troublants.

C'est ainsi qu'au Bureau international de l'heure [1], en enregistrant photographiquement les signaux de Saïgon sur un oscillographe Blondel, nous avons constaté le fait suivant : L'amplitude du signal, d'abord faible, augmentait brusquement ; la durée entre le début du signal et le moment de son renforcement était de 67 millièmes de seconde. Il est facile de voir que cette durée est précisément égale au temps nécessaire aux ondes se propageant avec une vitesse presque égale à celle de la lumière pour parcourir la différence entre les deux arcs du grand cercle joignant Paris et Saïgon. Le plus grand de ces arcs de cercle étant, à l'heure où étaient effectués les relevés, plongé en grande partie dans l'obscurité, les ondes se propageaient mieux suivant cet arc de cercle et arrivaient à Paris après avoir parcouru un chemin plus long que celles qui venaient directement, mais avec une intensité plus forte. En admettant que la propagation eût lieu à la surface du sol (ce qui n'était certainement pas le cas), on déduisait une vitesse de propagation de 280.000 kilomètres. Ce fait est à rapprocher des résultats obtenus avec les ondes longues, pour lesquelles on obtient des valeurs de l'ordre de 240.000 kilomètres. Dans ce cas particulier, ces anomalies n'auraient présenté aucun inconvénient pour l'utilisation des signaux horaires, puisqu'on observait en général, comme début du signal, l'arrivée d'ondes ayant suivi la ligne directe.

Mais, dans quelques-uns des signaux relevés, le signal faible n'existait pas : on ne constatait que l'arrivée du signal fort ayant

---

1. R. Jouaust et N. Stoyko, *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences de Paris*, t. 192, 1931, p. 1207.

parcouru le chemin le plus long. On peut toujours croire qu'à certains jours il en est ainsi pour tous les signaux, qu'on n'enregistre que des signaux ayant parcouru un chemin beaucoup plus long qu'on ne le pense, et qu'on commet ainsi des erreurs de plusieurs centièmes de seconde.

Remarquons du reste que cette observation n'a pu être faite que parce que le poste de Saïgon ne comporte pas encore de rideau réflecteur. Etant donné que ces doubles transmissions, non gênantes pour les signaux espacés, comme les signaux horaires, rendaient impossible, au contraire, les transmissions de télégrammes, il est bien évident que, si le poste de Saïgon avait possédé un rideau réflecteur, il l'eût disposé de façon à envoyer les ondes dans la direction de meilleure transmission, leur faisant suivre le plus long chemin, mais étouffant complètement celles qui auraient suivi le chemin le plus court. C'est évidemment là un cas exceptionnel ; mais il peut expliquer certaines anomalies observées dans l'emploi des ondes courtes à grande distance, et il serait bon, lorsque les postes émetteurs de signaux horaires seront munis de rideaux réflecteurs, de savoir exactement comment était orienté ce rideau au moment d'une émission. Quoiqu'il en soit, c'est un cas particulier qui ne se produira sans doute qu'exceptionnellement, et sur lequel il suffit d'avoir l'attention attirée.

Les phénomènes peuvent être beaucoup plus graves pour les réceptions à courte distance. Si l'on admet la théorie de la réfraction, on arrive à cette conclusion qu'il doit exister, à une certaine distance du poste émetteur, une zone de silence, dans laquelle le rayon direct, trop affaibli par sa propagation à la surface du sol, n'arrive pas, tandis que la courbure du rayon aérien est insuffisante pour assurer une propagation à aussi faible distance. L'existence de ces zones de silence, malgré un certain nombre de constatations favorables à cette hypothèse, a été discutée. Pour certaines longueurs d'onde, la zone de silence doit être située entre 100 et 300 kilomètres de l'émetteur.

Donc, si nous envisageons un poste récepteur situé à 200 kilomètres de l'émetteur, deux cas sont à envisager :

1° Ou bien le poste récepteur ne perçoit rien [1] : c'est un résultat ntéressant pour les partisans de l'existence des zones de silence, mais fort désagréable pour ceux qui cherchent à utiliser les émissions de poste ;

2° Ou bien, au contraire, les signaux émis sont perçus : dans ce cas, puisque la théorie de la réfraction ne permet pas d'expliquer l'audition, il faut faire appel à la réflexion.

Mais où se produit la réflexion ? elle peut se produire sur la couche ionisée considérée comme un miroir parallèle à la surface du sol, ou au contraire, se produire sur une couche ionisée très éloignée.

Dans le premier cas, si la distance du poste au récepteur était de 200 kilomètres et la couche à 350 kilomètres de hauteur, un calcul simple montre que le chemin parcouru par les ondes serait de 720 kilomètres, en augmentation de 520 kilomètres sur la distance réelle, ce qui amènerait un retard d'environ 2 millièmes de seconde : l'erreur ne serait pas considérable.

Mais, si la réflexion a lieu en un point très éloigné, le retard peut être beaucoup plus considérable et indéterminé. Il semble que ce soit cette dernière hypothèse qui soit la vraie : d'abord elle n'est pas contraire à l'existence des zones de silence constatée dans bien des cas ; d'autre part elle est appuyée par certains résultats obtenus par Taylor [2] et Young. Taylor et Young recevaient à Washington des signaux émis simultanément à Rocky Point, sur des ondes de 16 mètres et de 32 mètres. Or Washington aurait dû être, pour les ondes de 16 mètres, dans la zone de silence de Rocky Point. Mais Taylor constata précisément que les signaux émis sur l'onde de 16 mètres arrivaient avec un retard de 8 millièmes de seconde sur ceux de 32 mètres . ils avaient donc dû subir une réflexion sur un miroir très éloigné. Il n'est pas utile d'insister pour montrer quelle grave cause d'erreur dans l'emploi des signaux horaires pourrait résulter de semblables phénomènes.

Nous avons parlé plus haut des postes munis de rideau projecteur. Il faut envisager que, dans l'avenir, tous les postes fai-

1. Signalons à ce sujet que le poste de la Société des nations, à Genève, très bien perçu à certains moments, devient introuvable quelque temps après.

2. *Proceedings of radio-engineers*, vol. 16, 1928, p. 561.

sant du trafic seront munis de semblables dispositifs. Il peut en résulter de graves causes d'erreur dans l'appréciation de l'heure d'arrivée d'un signal. Supposons l'observatoire qui commande l'émission des signaux horaires à proximité du poste, mais derrière le rideau protecteur. Théoriquement, il ne devrait pas entendre son émission. Pratiquement, il entend néanmoins les signaux, et il admet, étant donné sa proximité du poste, que la durée de propagation est nulle. Or Eckersley, faisant des études radiogoniométriques sur les postes Marconi en se plaçant derrière le rideau, constata que l'émission qu'il recevait semblait venir de la direction de transmission et être située à 2.000 kilomètres. Il semble qu'au moment où le faisceau hertzien pénètre dans la couche ionisée, il éprouve une certaine diffusion, renvoyant en arrière une partie de l'énergie. De même, une personne placée derrière un projecteur ne verrait pas le faisceau lumineux, mais verrait la tache lumineuse qu'il produit à grande distance sur les nuages. On voit qu'une erreur du centième de seconde peut résulter de ce fait, le rayon hertzien parcourant 2.000 kilomètres pour aller et 2.000 pour revenir.

Nous semblons nous montrer pessimistes pour l'utilisation des ondes courtes pour l'émission de signaux horaires. En réalité, ces signaux présentent, d'autre part, de grands avantages, et nous concluons en demandant qu'on profite de l'opération des longitudes de 1933 pour comparer les résultats fournis par les ondes longues et ceux fournis par les ondes courtes, comparaison qui, du reste, ne pourra être fructueuse que si l'on connaît exactement les caractéristiques des postes émetteurs.

II

ÉVALUATION DES RETARDS DANS LES ENREGISTREMENTS DE SIGNAUX HORAIRES.

Considérations générales. — Il convient tout d'abord de rappeler schématiquement le dispositif employé dans tous les observatoires pour l'enregistrement des signaux horaires. Le dispositif de

principe est, en effet, le même dans tous les établissements. Le signal radiotélégraphique, amplifié au moyen de lampes triodes, est détecté de telle façon, qu'une émission de courte durée d'oscillations électriques de haute fréquence est transformée en une production d'une durée à peu près équivalente de courant continu. Ce courant continu fait dévier le style ou la plume d'un chronographe. Cette transformation d'un courant de haute fréquence en courant continu se fait généralement en trois stades. Le courant de haute fréquence est amplifié, puis, par une première détection, transformé en courant de fréquence musicale ; celui-ci est, à son tour, amplifié, puis, par une seconde détection, transformé en courant continu.

La nécessité de mettre l'appareil récepteur à l'abri des brouillages produits par les postes travaillant sur des fréquences très voisines de celle qu'on veut recevoir, oblige à munir les appareils de réception de dispositifs très sélectifs, c'est-à-dire de dispositifs ne laissant passer que les fréquences pour lesquelles ils sont réglés. Le principe de ces dispositifs est toujours le suivant : un circuit électrique comprenant une inductance L et une capacité C se comporte comme ayant une impédance très faible, pour toute fréquence f telle que $LC \times 4\pi^2 f^2 = 1$. Pour toutes les fréquences différentes de la fréquence de résonance f, il présente une impédance plus élevée, l'augmentation relative de résistance observée quand on passe de la fréquence f à la fréquence $f + \Delta f$ étant d'autant plus élevée que le rapport $\frac{2L}{R}$ (R étant la résistance ohmique du circuit) est lui-même plus élevé. Cette quantité $\frac{2L}{R}$ est appelée la *constante de temps* du circuit. Nous en verrons sous peu la raison

Cette propriété des circuits contenant une inductance et une capacité s'applique à tous les courants alternatifs, quelle que soit leur fréquence. Elle peut aussi bien s'appliquer au courant de fréquence musicale produit par la première détection, qu'au courant de haute fréquence lui-même. En général, en effet, on trouve, dans les systèmes récepteurs utilisés dans les observatoires, des dispositifs basés sur ce principe plus ou moins déguisé, aussi bien

sur la haute fréquence que sur la fréquence musicale. Notons en passant que ces dispositifs, dont le but principal est, comme nous l'avons dit, d'éviter les brouillages dus aux postes voisins, ont aussi l'avantage de fournir aux appareils récepteurs une protection au moins partielle contre les brouillages atmosphériques.

Mais ces dispositifs protecteurs ont l'inconvénient de retarder l'établissement du courant dans les appareils qui les comportent. Ainsi, si un signal comportant un front raide vient agir sur un circuit sélectif, la loi d'établissement du courant est de la forme :

$$1 - e^{-\frac{t}{\theta}}.$$

$\left(e = \text{base des logarithmes népériens} ; \theta = \frac{2L}{R}\right)$. Nous voyons l'origine du nom de *constante de temps* donné à cette grandeur. On voit également que plus la constante de temps est grande, c'est-à-dire plus le dispositif est sélectif, plus la durée d'établissement du courant est grande. Naturellement, si le dispositif récepteur comporte plusieurs circuits sélectifs, leurs effets retardateurs s'ajoutent. Sans entrer dans le détail nous pouvons dire que les dispositifs de sélection à fréquence musicale ont une action beaucoup plus grande sur le temps nécessaire au courant pour atteindre une fraction de sa valeur maximum, que les dispositifs à haute fréquence. D'autre part, pour que l'appareil enregistreur dévie, il est nécessaire qu'une certaine intensité de courant traverse ses enroulements, de façon que la force mécanique soit suffisante pour vaincre les frottements au départ. Le retard sera donc d'autant plus grand que la période d'établissement sera plus grande.

Les considérations théoriques que nous avons exposées ci-dessus sont un peu simplistes et il ne faudrait pas en tirer de conclusions quantitatives. Tous les circuits sélectifs dont nous avons parlé sont intercalés dans des appareils à lampes triodes dont les grilles sont plus ou moins polarisées. Au moins dans les appareils sélectifs de fréquence musicale, comme celui qu'on utilise au Bureau international de l'heure, il semble qu'il y ait un seuil, autrement dit qu'aucun courant ne sorte des appareils récepteurs

tant que la force électromotrice à l'entrée n'a pas atteint une certaine valeur. Quoi qu'il en soit, les expériences exécutées au B.I.H. montrent bien que la plus grande partie du retard est imputable à l'appareil de fréquence musicale et que ce retard varie considérablement avec le réglage de cet appareil. Ces expériences étaient conduites de la façon suivante : Un oscillographe Blondel, à enregistrement photographique, était substitué à l'appareil enregistreur ; les émissions étaient faites sur un poste local. La

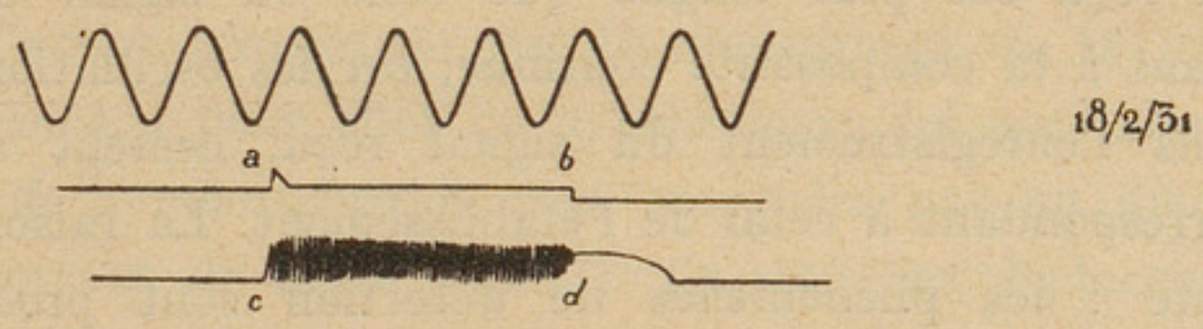


Fig. 1.

manœuvre du manipulateur commandant des émissions s'enregistrait sur un des équipages de l'oscillographe. Le deuxième équipage enregistrait le courant à la sortie des appareils récepteurs. Ce courant étant du courant détecté, l'arrivée du signal à la sortie se manifestait par une déflexion permanente du spot, à laquelle

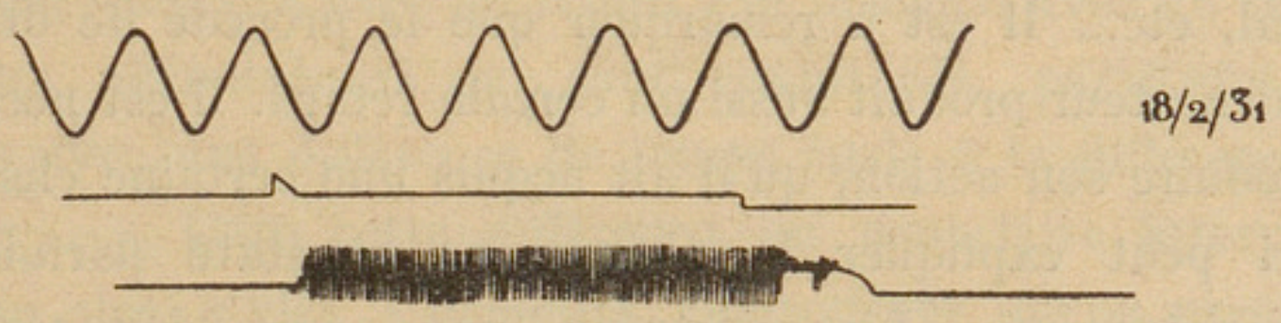


Fig. 2.

se superposait un courant de fréquence musicale, dû au fait que le courant musical n'est jamais complètement détecté. Sur le troisième galvanomètre, on enregistrait un courant alternatif de 50 périodes à la seconde. Nous reproduisons ces enregistrements sur la figure 1. L'émission commence en a et finit en b. On voit que le signal à la sortie des appareils récepteurs commence assez brusquement, mais avec un retard de 4 millièmes de seconde sur le moment où il a été émis. Dans une autre bande, faite avec un autre réglage du sélecteur de fréquence musicale, le retard atteint 6 millièmes de seconde. On voit un peu, sur cette

bande (fig. 2), la partie exponentielle de l'établissement du courant.

Dans une autre expérience, faite sans sélecteur musical, le retard n'était plus que de l'ordre du millième de seconde. Nous profitons de la circonstance pour attirer l'attention sur un autre point que nous avons déjà eu l'occasion de signaler à l'Union astronomique internationale, à son assemblée générale de Leyde. On peut constater, sur les deux bandes reproduites, que la durée du signal reçu est plus longue que celle du signal émis, du moins quant à la composante continue, car les oscillations musicales, dans l'enregistrement du signal reçu, cessent avec un retard correspondant à celui de l'établissement. La raison en est la suivante : les phénomènes de détection sont produits au moyen d'un condensateur shunté placé sur la grille d'une certaine lampe. Ce condensateur, une fois chargé, met un temps appréciable à se décharger, ce qui produit la prolongation apparente du signal. *Ce serait donc une grave erreur de prendre le milieu de l'enregistrement comme caractéristique de l'arrivée du signal.* Cette durée d'enregistrement peut varier considérablement, suivant les valeurs des capacités et des résistances utilisées, suivant la force du signal, etc... Il est à remarquer que le procédé de détection par condensateur produit aussi un certain retard. Il est nécessaire, pour produire son action, qu'il ait acquis une certaine charge.

Ceci peut expliquer le phénomène constaté parfois dans les enregistrements. L'enregistreur prend une déviation très faible, du reste en sens inverse de la déviation normale. La raison en est la suivante : à la détection par la grille, on superpose une détection par la plaque, qui est instantanée, très faible, mais tend à produire un courant continu de sens inverse à celui que produit la détection par la grille. Il peut être nécessaire de tenir compte de ce phénomène dans l'interprétation des enregistrements.

En résumé, on peut dire qu'il se produit, dans les appareils récepteurs, un retard entre l'arrivée du signal, supposé à front raide, et le moment où le style de l'enregistreur entre en mouvement. Ce retard est variable avec les réglages et ne peut être déterminé une fois pour toutes.

Nous allons maintenant considérer l'enregistrement des indications de la pendule.

Nous supposons que celui-ci est fait au moyen d'un second style. En général, ce style n'est pas commandé directement par un courant produit en interrompant par un interrupteur porté par la pendule, et divers intermédiaires sont utilisés. Ainsi, au B.I.H., lorsque l'interrupteur porté par la pendule coupe un courant, cette rupture actionne un relais Baudot ; celui-ci, à son tour, agit sur un oscillateur à lampes donnant 10 oscillations par seconde. L'action provoquée par le mouvement de la palette du relais Baudot a pour effet du synchroniser cet oscillateur, et les périodes de synchronisation sont marquées par un déplacement plus important du style pendule. Ce sont ces déplacements qui marquent les secondes, qui sont subdivisées en dixièmes par les petites encoches intermédiaires.

On constate qu'avec de semblables dispositifs il doit exister un retard entre le moment où le courant de la pendule est coupé, et celui où cette rupture s'inscrit sur l'enregistreur. Prenons pour instant initial (temps zéro) un moment où le courant de la pendule se coupe, et supposons qu'un signal arrive au même instant : la pendule s'inscrira avec un retard ε et le signal avec un retard η. Les deux phénomènes, qui sont simultanés, paraîtront s'être produits avec une différence de temps égale à la différence algébrique $\eta - \varepsilon$. Dans cette différence, on peut faire intervenir la parallaxe des styles : quelques précautions qu'on prenne, les plumes des deux styles ne peuvent être rigoureusement sur la même génératrice du cylindre portant le papier de l'enregistreur ; il en résulte que, même si les deux styles prenaient leur mouvement en même temps, leurs indications ne paraîtraient pas en phase.

Pour remédier à cet inconvénient, on a proposé de faire agir la pendule et le signal sur le même style. Il peut en résulter quelques inconvénients, comme des difficultés d'interprétation des enregistrements, si la pendule et le signal donnent des déviations de même sens. Par exemple, si le style était dévié par la pendule, l'action du signal se fait sentir avant que le style ne soit revenu

à sa position d'équilibre ; les conditions d'attaque du style en mouvement ne sont pas les mêmes que celles du style en repos ; le retard ne sera pas le même. Il importe également de ne pas perdre de vue que, si l'on fait en sorte, au contraire, que pendule et signal donnent au style des déviations de sens inverse, les frottements au départ ne sont pas les mêmes suivant que le style se déplace dans un sens ou dans l'autre et qu'une certaine compensation de retards sur laquelle on comptait ne se produit pas.

Il nous semble préférable d'opérer avec deux styles distincts et de faire entrer la parallaxe (qu'on s'efforcera du reste de rendre aussi minime que possible) dans les retards qu'on déterminera.

Détermination des retards. — *En vertu de ce qui a été dit, les retards doivent être déterminés dans des conditions absolument identiques à celles de l'enregistrement.* Le réglage des appareils récepteurs doit être rigoureusement le même. Les ondes de haute fréquence qu'on utilisera doivent non seulement avoir exactement la même fréquence que les signaux enregistrés, mais produire la même action sur les appareils récepteurs, c'est-à-dire que le champ qu'elles produisent à proximité de l'aérien doit être le même que celui du signal.

On peut concevoir la détermination des retards de la façon suivante : Un émetteur local est réglé pendant la réception de façon à avoir exactement la même fréquence qu'à l'émission. Celle-ci terminée, on règle l'intensité de l'émetteur local de façon à ce qu'il donne la même intensité de courant continu que l'émission à la sortie du récepteur. On fait alors commander les émissions de l'émetteur local par le contact même porté par la pendule. Il est évident que, dans ces conditions, la différence de temps marquée par les deux styles est le retard $\eta - \varepsilon$ envisagé plus haut.

Cette méthode est théoriquement parfaite. Nous l'avons réalisée au B.I.H. et cette réalisation a été décrite dans le *Bulletin horaire* (tome IV, n° 64). En se reportant à l'article indiqué, on verra les difficultés auxquelles nous nous sommes heurté dans cette réalisation. La nécessité de graduer l'influence de l'oscil-

lateur local sur les appareils récepteurs oblige à être absolument maître de cette action. L'action d'un émetteur quelconque placé au voisinage des appareils récepteurs serait très mal définie. Il est nécessaire d'utiliser un émetteur blindé, n'agissant sur les appareils récepteurs que par un couplage réglable. Nous avons pu utiliser un semblable appareil, mis à la disposition du B.I.H. par le Laboratoire national de radioélectricité. D'autre part, le réglage précis de l'émetteur à la même fréquence que l'émission, opération qui doit se faire au cours même de l'enregistrement, nécessite des opérateurs radiotélégraphiques assez exercés, comme nous avons eu la chance d'en posséder au B.I.H..

Mais ces complications nous ont amené à envisager l'emploi d'un autre procédé que nous allons décrire ci-dessous.

On éviterait beaucoup de ces difficultés si l'on pouvait utiliser le poste émetteur lui-même pour la détermination des retards. Evidemment, c'est bien ainsi que les choses se passent dans certains cas. Ainsi les émissions de Bordeaux, de Pontoise, et de la tour Eiffel sont bien commandées par une pendule du B.I.H. ; mais il existe tant de relais entre le contact de la pendule et le manipulateur du poste d'émission, qu'il est difficile d'évaluer le retard qu'ils produisent et d'assimiler le moment d'émission du signal au moment où a agi le contact de la pendule.

Il existe une manière de tourner la difficulté. On peut faire en sorte que la manœuvre du contact porté par la pendule qui indique la seconde mette en même temps le cadre collecteur d'ondes du système récepteur en état de fonctionnement. Par exemple, au B.I.H., où la seconde est donnée par la rupture d'un circuit, on peut faire en sorte que le contact qui produit cette rupture mette en court-circuit, quand il est fermé, le condensateur qui sert à accorder le cadre. Dans ces conditions, les ondes radioélectriques ne peuvent agir sur le récepteur ; au moment de la rupture, c'est-à-dire à l'instant qui représente la seconde, le condensateur étant décourt-circuité, le dispositif récepteur entre brusquement en action. Si le poste émet un trait continu, ou du moins un signal d'une certaine durée, ce signal devient susceptible d'agir sur le dispositif récepteur au moment de la rup-

ture, et tout se passe comme si, à cet instant, un signal à front raide était reçu par le cadre.

On a donc bien réalisé ainsi l'équivalent d'une émission absolument simultanée avec la seconde de la pendule, et par suite la différence de temps marquée par les deux styles donnera le retard cherché.

En réalité, il n'est pas nécessaire que ce soit le contact de la pendule, contact qui n'agit que toutes les deux secondes, qui effectue l'opération dont nous venons de parler. On peut remplacer ce contact par un interrupteur quelconque, qu'on substitue au contact de la pendule et qui, d'une part, coupe dans le relais Baudot agissant sur le diviseur de temps un courant égal à celui que coupe le contact de la pendule et, d'autre part, décourt-circuite le condensateur d'accord.

On peut ainsi répéter à volonté l'opération de la détermination des retards. Pratiquement, l'appareil servant à produire les coupures est un manipulateur Morse qui ferme le contact dans sa position de repos. Ce manipulateur a été modifié pour la raison suivante : Si le dispositif avait été monté suivant le schéma de la figure 3, en ouvrant l'interrupteur I, on aurait chargé, au moyen de la pile P, le condensateur d'accord C à travers l'inductance S de l'enroulement du Baudot. Cette charge aurait produit, dans les appareils récepteurs, une impulsion qui se serait enregistrée en se superposant à la déviation donnée par le signal, rendant ainsi difficile l'appréciation du moment où se produit cette déviation.

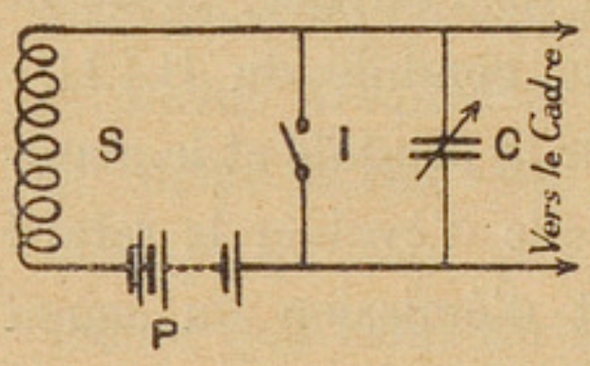


Fig. 3.

On voit qu'il est facile de remédier à cet inconvénient en utilisant un double interrupteur (fig. 4). Il suffit que la manœuvre des deux couteaux soit bien simultanée. Il est très facile, avec le manipulateur Morse, d'arriver à ce résultat. Le levier rigide de cet appareil est traversé à sa partie arrière par une vis qui vient buter sur le plot de repos.

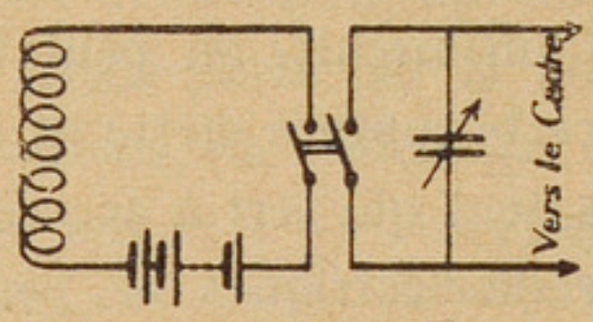


Fig. 4.

Cette partie arrière a été découpée en deux secteurs isolés, traversés chacun par une vis à pas micrométrique, chacune de ces vis venant buter sur un plot de repos. On utilise aussi l'équivalent de l'interrupteur à double couteau schématisé sur la figure 4. On peut régler les vis de façon que la rupture se produise simultanément sur les deux circuits. S'il n'en était pas ainsi, on pourrait éliminer l'erreur en inversant les coupures des deux circuits, ce qu'on fait toujours au B.I.H., bien que l'expérience ait montré que ce n'était même pas nécessaire : l'appareil réalisé est tellement rigide, que si l'une des vis vient toucher le plot de repos avant l'autre, celui-ci ne peut venir en contact et il est impossible de fermer le second circuit. On peut donc être sûr que, si l'on agit à la fois sur les deux circuits, c'est que les deux ruptures sont bien simultanées.

Ce dispositif, comme on le voit, est très simple et peut être employé dans tous les observatoires. Nous croyons savoir, du reste, que des dispositifs à peu près identiques ont déjà été employés. Pour qu'on puisse l'utiliser, il est nécessaire toutefois que le poste qu'on veut étudier continue à transmettre après l'émission des signaux horaires. S'il transmet du trafic, un opérateur peut le suivre à l'oreille en appuyant sur le manipulateur (ce qui décourt-circuite le condensateur d'accord), et manœuvrer ce manipulateur au moment d'un signal assez long. Mais il serait préférable, pour permettre cette détermination des retards, que tous les postes émettant des signaux horaires fissent suivre cette émission d'un trait d'une durée d'une dizaine de secondes. On pourrait demander que cette pratique fût suivie à l'occasion de l'opération mondiale des longitudes.

Influence du mode d'émission et de la propagation. — Les procédés indiqués plus haut permettent d'éliminer les retards inhérents aux appareils enregistreurs. Il existe d'autres causes dont il semble malheureusement plus difficile de s'affranchir.

Nous avons bien spécifié jusqu'ici que le signal était supposé avoir un front raide. Malheureusement il n'en est rien et la forme initiale du signal dépend de la nature du poste et des conditions

de manipulation. Il est évident *a priori* que, dans une manipulation, un poste qu'on met en état de fonctionner fournit en un temps infiniment petit sa puissance maximum. Il y a évidemment une *constante de temps* et la puissance émise croît suivant une loi plus ou moins exponentielle.

Cette constante de temps à l'émission joue un rôle identique à celle que nous avons envisagée dans les appareils récepteurs. On voit donc qu'en admettant que ceux-ci ne présentent par eux-mêmes aucun retard, le style ne pourrait commencer à dévier que lorsque l'intensité de l'émission aurait atteint une valeur suffisante pour que son action sur les appareils récepteurs produise à la sortie un courant suffisant pour vaincre les frottements au départ de l'enregistreur. Avec certains procédés de manipulation, non seulement le signal n'atteint pas immédiatement sa valeur maximum, mais la fréquence elle-même n'a pas immédiatement sa valeur normale. Plus les appareils récepteurs seront sélectifs, plus le retard causé de ce fait sera important.

On se rend bien compte de cet état de choses lorsqu'on cherche à faire des coïncidences à l'oreille entre les battements d'une pendule et une émission de signaux horaires. Tous les opérateurs sont d'accord pour reconnaître que cette opération est moins facile avec les signaux actuels qu'avec les anciens signaux amortis, qui donnaient une onde à front assez raide.

Cette influence de la fréquence se manifeste surtout sur les postes à alternateurs, où l'on manipule par tout ou rien. Il est évident que les régulateurs des alternateurs ne peuvent obéir instantanément ; bien plus, on a pu constater au B.I.H. qu'il se produisait dans la fréquence des alternateurs une sorte d'équilibre stable dépendant de la vitesse de manipulation : la fréquence du poste n'est plus rigoureusement la même dans une transmission télégraphique rapide ou dans une émission relativement lente de signaux horaires ; elle n'est pas la même pour une émission de points que pour l'émission d'un trait continu.

Souvent, pour une émission de signaux horaires, on constate que les premiers signaux sont plus courts, ce qui montre que le

régime stable auquel nous avons fait allusion met un certain temps à s'établir.

Il semble que les postes à alternateur conviennent moins bien aux émissions de signaux horaires que les postes à arc ou à lampes. Il conviendrait peut-être de proscrire leur emploi dans une opération de longitude.

La propagation peut aussi produire un étalement du front d'onde, du moins en ce qui concerne les ondes longues. Pour les ondes courtes, des expériences récentes faites au B.I.H. montrent que, même en admettant que les ondes circulent à la surface du sol (ce qui n'est certainement pas exact), la vitesse de propagation se rapproche beaucoup de celle de la lumière. Au contraire, pour les ondes longues, tous les expérimentateurs ont trouvé des valeurs beaucoup plus faibles, de l'ordre de 240.000 kilomètres par seconde. On peut expliquer ce résultat de la façon suivante : les modes de propagation des ondes courtes et des ondes longues sont totalement différents.

Les ondes longues peuvent être considérées comme se propageant entre deux milieux conducteurs : le sol et la couche ionisée de la haute atmosphère. Leur propagation est donc du même genre que celle des perturbations électriques dans les fils, et l'on sait que, dans ce cas, Fizeau et Gounelle, Siemens, avaient trouvé des vitesses de propagation très faibles. H. Poincaré expliqua ces résultats en démontrant qu'il y avait un étalement de l'onde, le front se propageant avec la vitesse de la lumière, mais son amplitude diminuant à mesure que la distance parcourue augmente. L'onde n'agit sur le système récepteur que lorsqu'elle a une valeur suffisante.

La vitesse apparente que l'on mesure est donc ce que Sommerfeld et L. Brillouin ont appelé la *vitesse du signal*. Elle dépend de la sensibilité de l'appareil récepteur et, en vertu de ce que nous avons dit, de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

Cette cause de retard agira donc plus sur les récepteurs éloignés que sur les récepteurs rapprochés. Comme d'autre part elle dépend de la sensibilité des récepteurs, on n'est pas sûr de pouvoir l'éliminer par des expériences croisées.

On peut trouver une limite supérieure de l'erreur entraînée. Pour une distance de 6.000 kilomètres, la durée de propagation serait de 6.000 : 300.000 secondes, soit 2 centièmes de seconde. Pour une vitesse de 240.000 kilomètres, la durée de propagation serait de 2,5 centièmes de seconde. Le retard d'enregistrement entre un poste rapproché et un poste éloigné, retard corrigé de la propagation, en admettant pour la vitesse des ondes radio-électriques la vitesse de la lumière, serait donc de 5 millièmes de seconde. Comme nous l'avons dit, cette erreur s'élimine au moins partiellement dans des expériences de longitudes croisées.

Nous avons cru devoir attirer l'attention sur ces causes d'erreur ; elles sont probablement peu importantes devant les retards provoqués par les appareils récepteurs.

Nous reproduisons (fig. 5 et 6) deux enregistrements de signaux horaires, l'un de Rugby, l'autre d'Annapolis, enregistre-

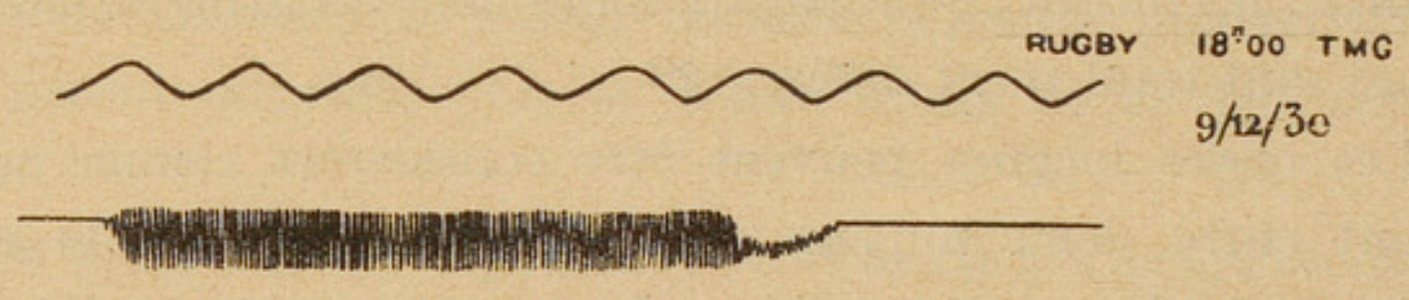


Fig. 5.

ments photographiques faits à l'oscillographe Blondel. Il semble bien que, pour les deux postes, les conditions d'établissement du courant sont identiques. Nous profiterons de la circonstance pour attirer l'attention sur les précieux services que pourraient rendre

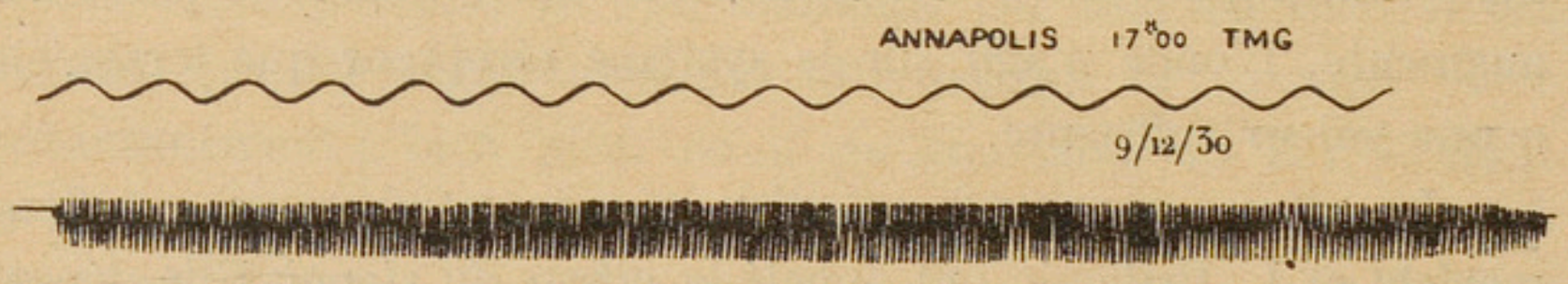


Fig. 6.

des enregistrements de ce genre faits avec des galvanomètres oscillographiques ou des galvanomètres d'Eindhoven. Comme on le voit, il est très facile de déceler sur ces bandes l'apparition de la moindre trace du signal à la sortie des appareils récepteurs.

Il serait évidemment très compliqué de relever ainsi tous les signaux horaires d'une émission ; mais on pourrait en relever quelques uns et comparer les résultats ainsi obtenus à ceux que fournissent les enregistrements ordinaires.

Conclusion. — 1° Nous avons décrit un dispositif d'un emploi simple pour la détermination du retard des appareils enregistreurs. L'emploi de ce procédé nécessite que l'émission des signaux horaires soit suivie d'un trait continu. Il serait désirable que l'existence de ce trait fût prévue dans le schéma des émissions.

2° Nous avons attiré l'attention sur les inconvénients que présentent les postes à alternateurs pour l'émission des signaux horaires.

3° Nous avons également attiré l'attention sur les avantages que peut présenter l'enregistrement des signaux au moyen d'oscillographes, et proposé qu'au cours d'une opération de longitudes quelques enregistrements de cette sorte soient exécutés de temps à autre.

Annexe. — Dans la note qui précède, nous avons indiqué un procédé sommaire de réglage de l'interrupteur double qui sert à la fois à mettre en service le condensateur d'accord du cadre récepteur et à donner une impulsion au diviseur de temps chargé d'enregistrer sur le chronographe les indications de la pendule.

Depuis la rédaction de cette note, nous avons eu l'occasion de mettre en œuvre un procédé plus précis, que nous croyons devoir décrire :

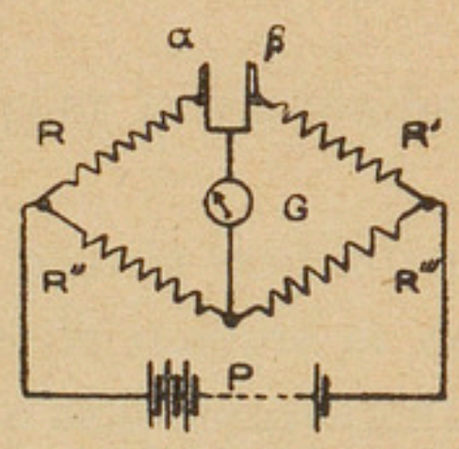


Fig. 7.

Le dispositif (fig. 7) consiste essentiellement en un pont de Wheatstone équilibré, les quatre résistances R, R', R'', R''' étant égales. Aucun courant ne passe dans le galvanomètre G. Les deux ruptures du galvanomètre sont intercalées en α et β. Lorsqu'on manœuvre l'interrupteur, si les deux ruptures ne sont pas simultanées, le galvanomètre reçoit une impulsion. Si, par exemple, la rupture se produit en α avant de

se produire en β, tout se passe comme si la résistance R était infinie : un courant passe dans un certain sens dans le galvanomètre tant qu'il n'y a pas rupture en β. Si, au contraire, la rupture se produit d'abord en β, c'est la résistance R qui devient infinie ; le courant qui traverse le galvanomètre est de sens inverse. On agit sur le réglage de l'appareil jusqu'à ce que la manœuvre de l'interrupteur ne provoque aucune déviation du galvanomètre.

Comme galvanomètre, au Bureau international de l'heure, nous utilisons un simple appareil à aiguille.

VENTILATEURS A MOTEUR ET A MAIN

utilisés dans les travaux de construction et d'entretien des lignes souterraines,

par J. MAILLEY,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Les travaux souterrains pour la construction et l'entretien des lignes téléphoniques et télégraphiques sont souvent effectués dans des espaces insuffisamment ventilés. Les conditions de travail et la sécurité ont été améliorés au cours de ces dernières années par l'emploi de ventilateurs mécaniques à moteur ou à main. Nous allons décrire les appareils mis au point et utilisés par la direction des Services téléphoniques de Paris.

***

La direction des Services téléphoniques de Paris emploie deux systèmes de ventilateurs mécaniques, répondant à des buts différents :

a) des ventilateurs à moteur très puissants pour la ventilation artificielle des égouts et galeries ;

b) des ventilateurs à main de faible puissance pour la ventilation des chambres souterraines à tampon (chambres de soudure et de tirage sur canalisations multiples et chambres de sous-répartition).

Le but de ces appareils est d'améliorer les conditions d'hygiène du travail, par apport sur les chantiers d'air frais pris à l'extérieur et d'augmenter la sécurité en éliminant, au moyen du courant d'air produit, les gaz ou vapeurs dangereux qui pourraient créer un risque d'asphyxie, d'incendie ou d'explosion.

1. Groupes moto-ventilateurs. — Ces groupes sont utilisés pour les travaux effectués dans certains égouts ou galeries, dont la venti-

lation est insuffisante par suite de leur exiguïté et de l'éloignement des regards, ou pouvant comporter certains risques par suite de déversements dangereux (déversements de liquides combustibles, de produits chimiques pouvant donner naissance à des gaz toxiques tels que l'hydrogène sulfuré) ou de leur envasement (dégagement de grisou).

Deux solutions se présentent pour éliminer d'un chantier les gaz ou vapeurs dangereuses : l'aspiration de l'air de l'égout ou de la galerie, ou le refoulement dans l'égout ou la galerie d'air frais puisé à l'extérieur.

Le but à atteindre pour les Services télégraphiques ou téléphoniques est non pas d'assurer l'assainissement d'un réseau d'égouts dont l'entretien ne leur incombe pas, mais d'assurer la sécurité d'un chantier établi en un point déterminé. La première solution, qui rejette à l'extérieur les gaz ou vapeurs dangereuses, contribue évidemment à l'assainissement des ouvrages souterrains, mais n'apporte pas les garanties voulues de sécurité et d'hygiène d'un chantier à protéger ou à assainir recherchées dans le cas particulier. Dans la méthode par aspiration, en effet, le chantier à ventiler est traversé par un courant d'air provenant de l'atmosphère viciée d'une autre partie de l'égout. Le but recherché n'est pas atteint, et l'aspiration, dans certains cas, au lieu de créer une sécurité, crée pour le chantier en question un risque, en amenant d'un autre point sur celui-ci des gaz ou vapeurs dangereuses. Pour ces raisons, le procédé par aspiration n'a pas été retenu par la direction des Services téléphoniques de Paris, qui a adopté le procédé par refoulement d'air extérieur, conduit jusqu'à proximité immédiate du chantier à assainir ou à protéger.

Le procédé par refoulement a fait l'objet de certaines critiques, que l'expérience a démontré non fondées. On a craint, en effet, que le refoulement de l'air, s'il assure bien la sécurité d'un chantier particulier, ne reporte le danger en un autre point de l'égout ou dans les immeubles riverains par suite du refoulement de l'air. Il y a lieu de considérer que toutes les conduites d'assainissement des immeubles sont munies de siphons, qui s'opposent absolument aux rentrées d'air. En ce qui concerne le refoulement des gaz en un

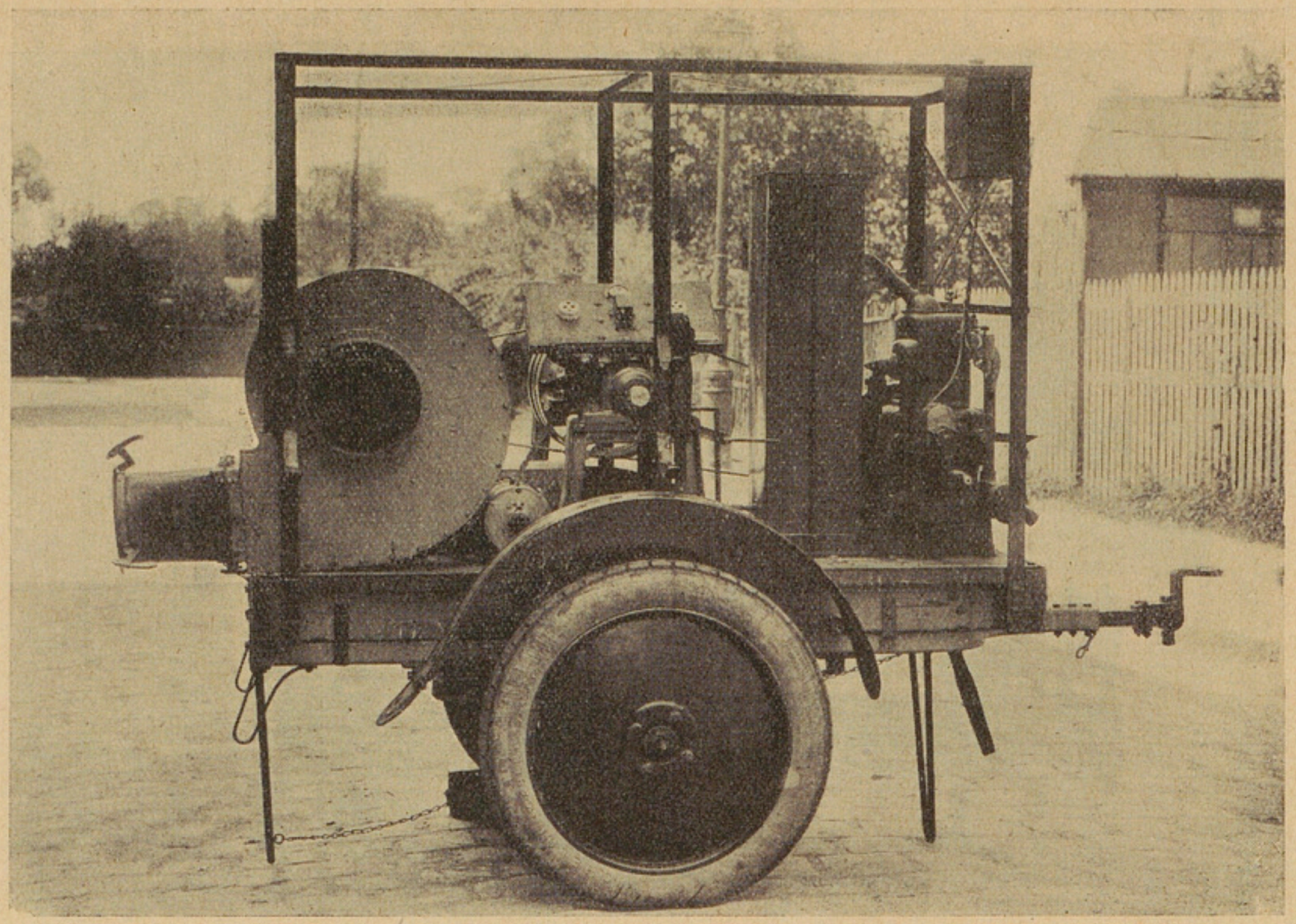


Fig. 1. — Groupe moto-ventilateur, du modèle de 1925, en ordre de marche.

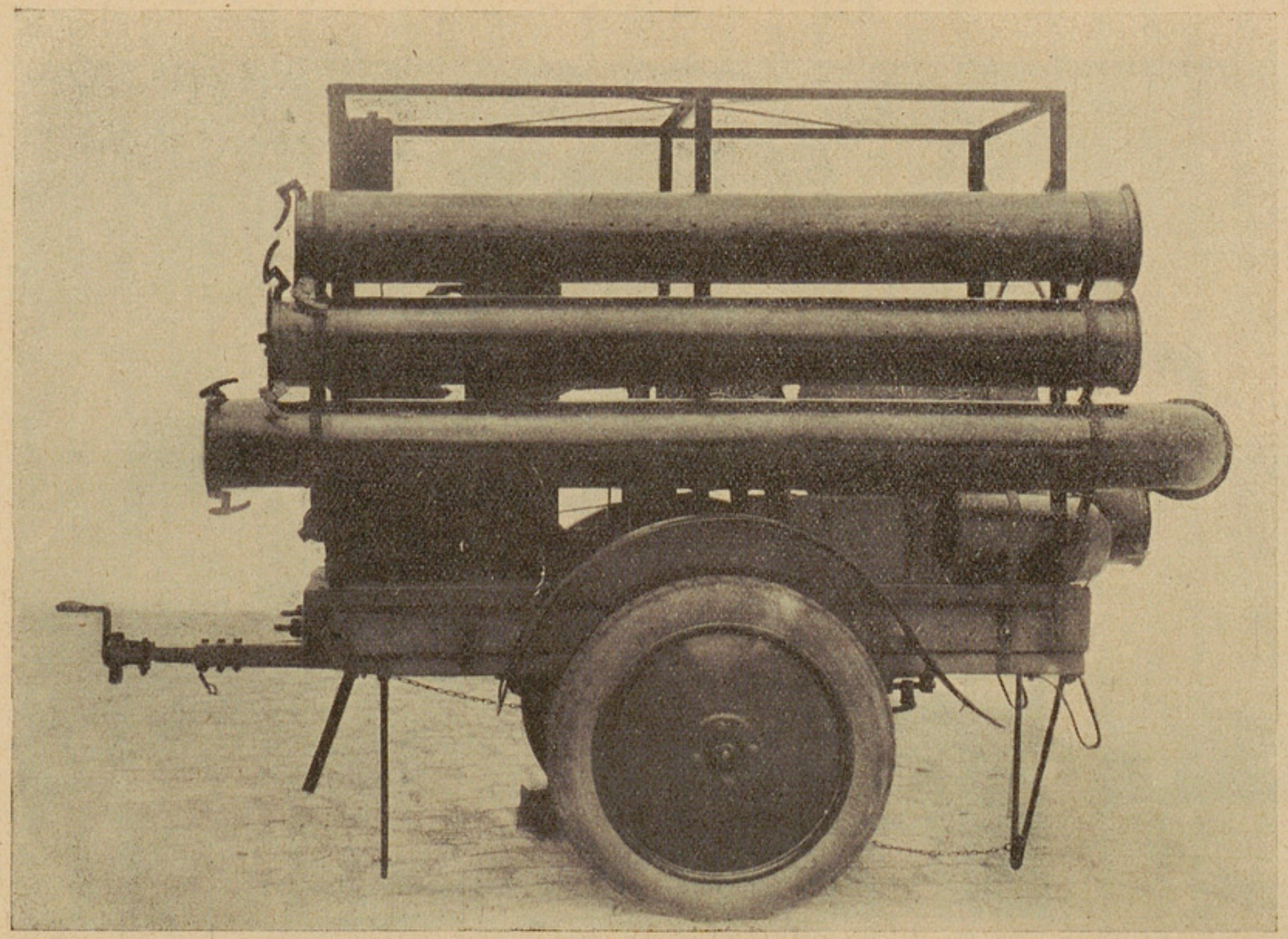


Fig. 2. — Groupe moto-ventilateur, du modèle de 1925, en ordre de route.

autre point de l'égout ou sur un autre chantier, on doit remarquer que l'effet de ventilateurs à moteurs, même très puissants comme ceux qu'on utilise, est limité à une distance relativement courte en aval du point à ventiler, par suite des pertes de charges se produisant par les chutes. On évitera tout risque d'accident, dans le cas exceptionnel d'un chantier voisin, en reconnaissant avant ventilation la portion de l'égout en aval du sens de la ventilation et en ouvrant, si besoin est, les tampons des regards d'accès (avec barrage par bâche s'il le faut) entre les deux chantiers, pour accroître les pertes de charge et supprimer tout risque de refoulement d'un chantier sur l'autre.

Ventilateur du modèle de 1925. — La direction des Services téléphoniques de Paris a mis en service en 1925, à la suite d'un très grave accident survenu par asphyxie et noyade consécutive en égout (accident du Kremlin-Bicètre, le 17 juillet 1924), un premier groupe moto-ventilateur.

Ce groupe, représenté sur les figures 1 et 2, était muni d'un moteur monocylindrique à essence de 5 chevaux actionnant, par une transmission à courroie et arbre intermédiaire, un ventilateur et une dynamo pour l'éclairage du chantier souterrain. Le courant d'air produit par le ventilateur était conduit à l'égout par une série de tuyaux en tôle de 20 centimètres de diamètre, pourvus d'un système de joints à raccordement rapide. La longueur totale des tuyaux et des coudes portés par le groupe était de 6 mètres. Ce groupe a été utilisé exclusivement pendant une durée de 6 ans d'une façon très fréquente et a rendu les plus grands services.

Ventilateur du modèle de 1931. — Le groupe du modèle de 1925 arrivant à sa limite d'usure et pouvant difficilement suffire à lui seul à toutes les demandes d'emploi, un concours a été ouvert en 1931 pour la fourniture de plusieurs groupes moto-ventilateurs. L'expérience acquise a permis de donner des directives de construction très précises. On s'est efforcé de créer un groupe plus puissant, quoique plus léger et très facilement maniable.

Les groupes moto-ventilateurs du modèle de 1931 (fig. 3 et 4) sont constitués par un moteur à essence à quatre cylindres développant une puissance au frein de 12 chevaux à la vitesse de

1500 tours à la minute. Le moteur attaque directement l'arbre d'un ventilateur centrifuge au moyen d'un joint élastique.

L'air refoulé par le ventilateur est conduit à l'égout par une tuyauterie souple en toile, qui se gonfle, sous la pression de l'air,

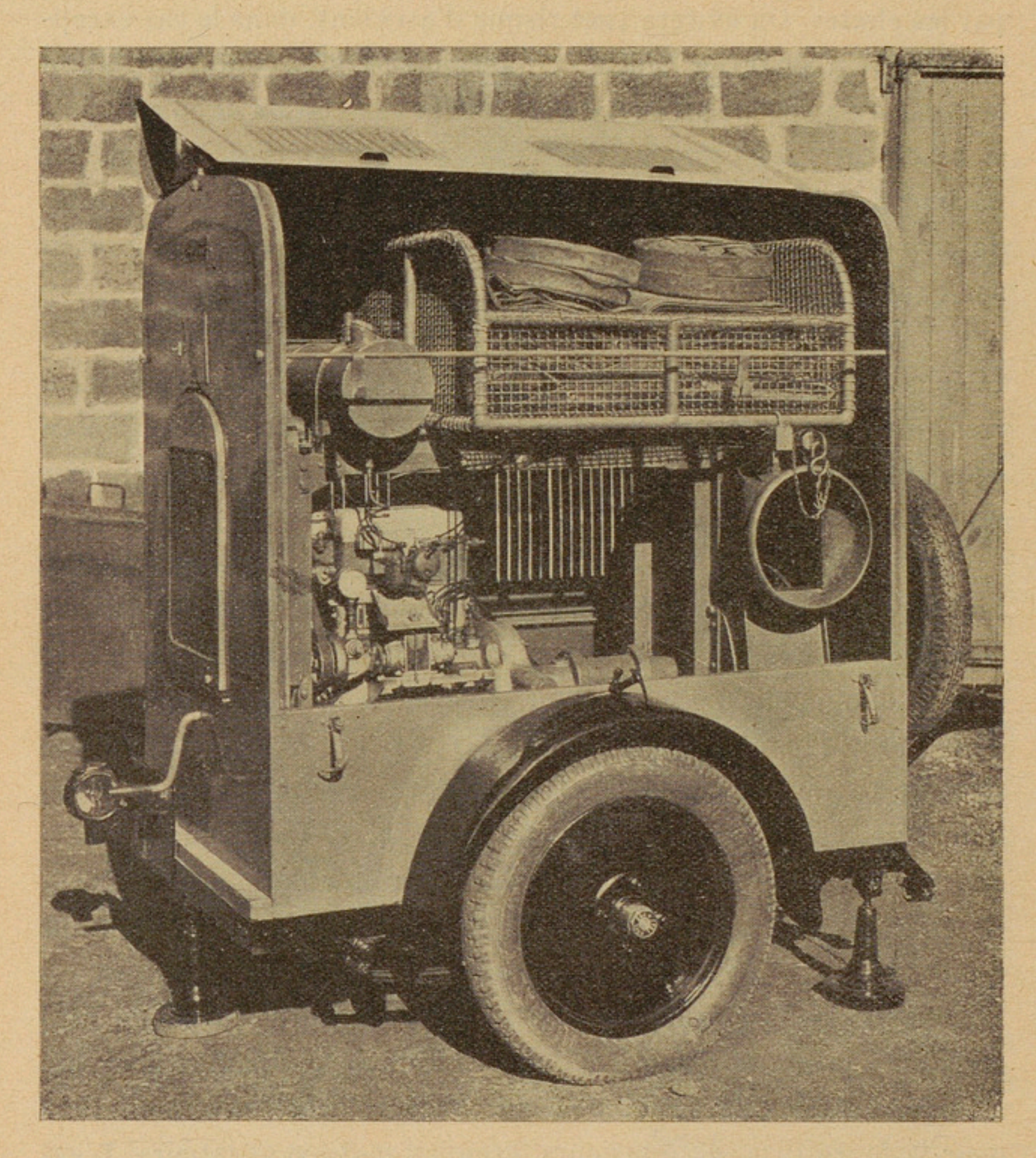


Fig. 3. — Groupe moto-ventilateur, du modèle de 1931, en ordre de route.

au diamètre de 30 centimètres. Le raccordement entre éléments de tuyauterie consécutifs est facile et rapide, chaque tube de toile est monté, à cet effet, à une extrémité sur un cerceau rigide et à l'autre extrémité sur un cerceau élastique dont le diamètre peut être légèrement diminué par compression ; le raccordement des tuyaux consé-

cutifs s'effectue très facilement en forçant l'extrémité déformable d'un tuyau dans l'extrémité fixe du tuyau précédent. Les tuyaux souples sont très légers ; ils comportent, pour faciliter leur pose, des anneaux extérieurs qui permettent de les suspendre facilement aux lignes d'équerres en égout.

Le groupe est monté sur un châssis de remorque automobile

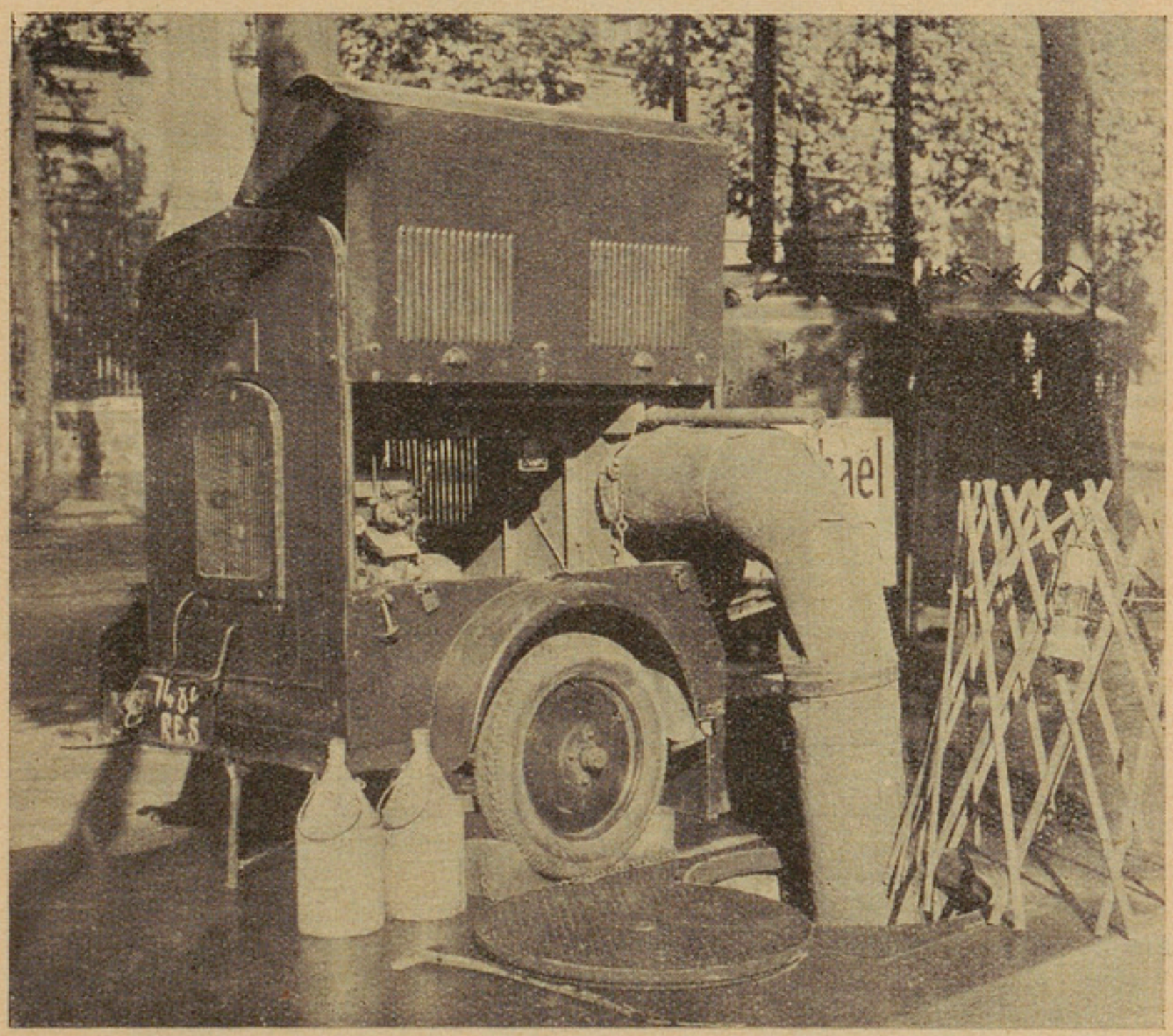


Fig. 4. — Groupe moto-ventilateur, du modèle de 1931, en fonctionnement.

à un essieu. La suspension est assurée par ressorts à lames et pneumatiques. Un panier métallique, placé au dessus du moteur et du ventilateur, permet le rangement de la tuyauterie souple d'une vingtaine de mètres de développement. L'ensemble est placé sous capot de tôle pouvant être cadenassé. La stabilité du groupe en fonctionnement est assurée par trois vérins basculants, placés sous le chassis.

Le graphique de la figure 5 donne le débit du groupe en litres

par seconde, avec différentes longueurs de tuyauterie, en fonction de la vitesse et de la puissance du moteur.

Précautions à observer. — L'emploi de groupes moto-ventilateurs nécessite certaines précautions. Le chef de l'équipe de ventilation doit vérifier lui-même sur place l'efficacité de la ventilation, qu'il fait varier en déplaçant le groupe, en modifiant la longueur des tuyaux et le nombre des plaques ouvertes. En particulier, le disposisitif de ventilation doit être vérifié et éventuellement

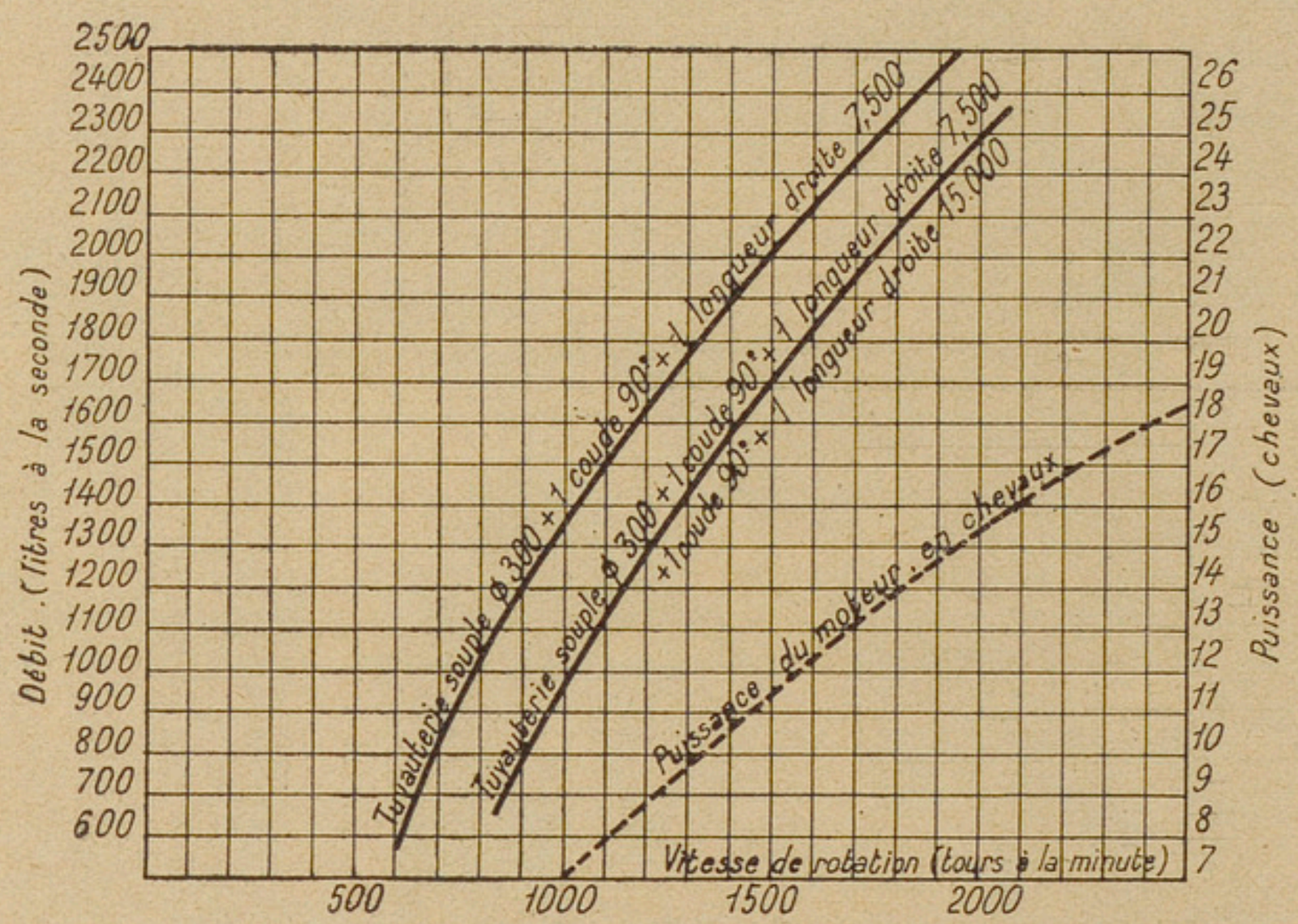


Fig. 5. —Caractéristiques de débit et de puissance des groupes moto-ventilateurs du modèle de 1931.

modifié à chaque déplacement de chantier. La ventilation des galeries en cul de sac ou des galeries latérales à une galerie principale en cul de sac, doit faire l'objet d'une attention particulière et être soigneusement contrôlée.

Le chef de l'équipe de ventilation doit également s'assurer qu'il n'y a pas d'autres chantiers au voisinage (2 à 3 cents mètres) sur lesquels pourraient être refoulés les gaz nocifs. Dans ce cas exceptionnel, pour éviter tout danger, il y aurait lieu de prévoir des dispositions spéciales (ouverture de plaques intermédiaires et barrage de la galerie avec une bâche, par exemple).

Fig. 6. — Ventilateur à main.

2. Ventilateurs à main. — Les ventilateurs à main sont utilisés pour la ventilation des chambres téléphoniques souterraines de soudure établies sur les canalisations téléphoniques multiples et de sous-répartition.

L'appareil créé en 1928 par la direction des Services téléphoniques de Paris et dont l'emploi a été étendu à tous les réseaux [1] est constitué par un bâti articulé en fer profilé, se dépliant sur le tampon de fonte du regard d'accès en forme de pyramide formant ainsi garde-fou. Sur le sommet de l'appareil, est disposé un ventilateur à manivelle, qui permet de refouler l'air dans la chambre grâce à un tuyau de caoutchouc, armé de spires de fil de fer, qui lui est adapté (fig. 6).

Le garde-fou ventilateur a un poids légèrement supérieur aux garde-fous actuellement en usage. Cela ne constitue pas toutefois un inconvénient, étant donné les conditions d'emploi. L'appareil est muni d'un dispositif d'ancrage sur le cadre du tampon de fonte du regard d'accès, qui lui donne une stabilité supérieure aux garde-fous de modèle courant.

La quantité d'air débitée par l'appareil à la pression atmosphérique atteint, à la vitesse lente de 70 tours de manivelle à la minute, $1^{m^3},190$, et à la vitesse plus rapide de 120 tours, 2 mètres cubes à la minute.

L'emploi des garde-fous ventilateurs, dont la création est antérieure à l'adoption des dispositifs statiques de ventilation décrits dans un article précédent, est indiqué pour les travaux dans les chambres à tampons qui ne seraient pas munies de ces dispositifs.

Ne nécessitant pas de main-d'œuvre supplémentaire et remplaçant un garde-fou normal, il reste employé par la direction des Services téléphoniques de Paris pour les chambres munies des dispositifs de ventilation statique, où il contribue à améliorer, par l'apport d'air frais extérieur, les conditions d'hygiène et de sécurité du travail.

---

1. Avis favorable du Comité technique (séance du 31 janvier 1930).

NOUVELLE LIAISON TÉLÉPHONIQUE PAR CABLE SOUS-MARIN

entre l'Italie continentale et la Sardaigne. (1)

par Giuseppe PESSION.

Le nouveau câble, qui sera ouvert prochainement au service public (2), complète les communications télégraphiques et téléphoniques avec l'île, jusqu'à présent effectuées au moyen de quatre câbles télégraphiques et d'une liaison radio-téléphonique.

I. Généralités.

Le rattachement téléphonique par fil de la Sardaigne avec le continent présentait des difficultés techniques particulières, à cause de la longueur du câble sous-marin qu'il était nécessaire de poser.

On sait que, dans les câbles téléphoniques terrestres destinés aux communications à grande distance, on intercale des stations amplificatrices tous les 70 ou 140 kilomètres, dans le but d'amplifier les courants téléphoniques jusqu'à les reporter presque au niveau qu'ils avaient au départ. L'affaiblissement maximum d'une portion de circuit comprise entre deux stations amplificatrices est d'environ 3,5 et 1,6 népers respectivement pour les circuits à 4 fils et ceux à 2 fils.

Dans un câble sous-marin destiné à être posé par grand fond, il ne peut s'agir de circuits à quatre fils pour des raisons expo-

---

1. Extraits d'un article paru dans l'*Alta frequenza* de juin 1932. Voy, dans notre dernier numéro, l'article relatif au nouveau câble téléphonique entre Key West et la Havane.

2. Ce câble a été inauguré le 6 août 1932 et est actuellement en service.

sées plus loin ; d'autre part, la construction d'un câble sous-marin ayant un affaiblissement total de 1,6 néper était impossible pour des raisons économiques.

On avait pensé à scinder le câble sous-marin en deux tronçons, partant de l'île de Monte Cristo, où l'on aurait installé une station amplificatrice. Mais cette idée fut rejetée pour des raisons économiques. Heureusement, les progrès récents faits dans la technique des communications de ce genre, progrès qui ont permis également le projet d'un câble téléphonique transatlantique, ont rendu possible la réalisation de la liaison en question au moyen d'un câble sous-marin ayant un affaiblissement total d'environ 4 népers ([1]), câble qui est actuellement le plus long de cette espèce. Cette réalisation a été possible grâce au choix opportun des atterrissements du câble en vue de réduire au minimum tout danger d'interférence électrique avec d'autres installations télégraphiques, téléphoniques et industrielles, et par l'adjonction de dispositifs terminaux opportuns.

Le câble permet également, en plus de la communication principale téléphonique, une communication télégraphique infra-acoustique en duplex, pour laquelle sont réservées les fréquences au dessous de la bande utilisée pour la communication téléphonique, et une communication télégraphique ultra-acoustique au moyen de deux courants porteurs au dessus de la bande précédente, exactement 3000 périodes par seconde pour la transmission dans un sens et 3500 périodes par seconde pour la transmission dans l'autre sens.

L'administration a temporairement renoncé à cette dernière communication, que ne nécessite pas le trafic actuel avec la Sardaigne.

La figure 1 donne le schéma de la nouvelle liaison, avec l'appareillage relatif à la télégraphie ultra-acoustique.

Le nouveau circuit téléphonique a pour terminaison d'un côté le bureau interurbain de Sassari et de l'autre le bureau interur-

---

1. Un câble télégraphique sous-marin entre le continent et la Sardaigne du type ordinaire présente un affaiblissement d'environ 13 népers.

bain de Rome ; il comprend : une ligne aérienne bifilaire en fil de bronze de 3 millimètres entre Sassari et la station amplificatrice la plus proche de l'atterrissement du câble sous-marin en Sardaigne, un petit câble de raccord souterrain pupinisé, isolé au papier, entre la guérite d'atterrissement du câble sous-marin sur le continent et la station amplificatrice du mont Viminal à Rome.

Le circuit peut être raccordé d'un côté avec le réseau téléphonique de Sardaigne et de l'autre avec le réseau téléphonique du continent par l'intermédiaire d'amplificateurs sur cordon installés dans les bureaux interurbains de Sassari et de Rome.

Le circuit est du type à deux fils entre Sassari et la station amplificatrice de Sardaigne, à quatre fils depuis cette station amplificatrice jusqu'à la guérite d'atterrissement du câble en Sardaigne, à deux fils le long du câble sous-marin (conducteur d'aller isolé, conducteur de retour non isolé), à quatre fils entre la guérite d'atterrissement du continent et la station amplificatrice de Rome, et à deux fils entre cette dernière et le central interurbain de Rome. La station amplificatrice de Sardaigne comprend un dispositif termineur pour circuit à quatre fils avec ligne artificielle d'équilibre de la ligne aérienne, un amplificateur à quatre fils, un compensateur d'affaiblissement pour éliminer la distorsion, un filtre passe-bas et un filtre passe-haut, un dispositif de conversion pour l'appel à fréquence acoustique et enfin, en dérivation, les appareils des liaisons télégraphiques ultra-acoustiques.

Dans la station, sont montés également un relais télégraphique de transmission et un de réception et deux filtres pour la communication télégraphique infra-acoustique, laquelle, dérivée du câble sous-marin dans la guérite d'atterrissement, est dirigée vers le central télégraphique de Sassari au moyen de deux fils aériens en bronze de 3 millimètres : l'un pour la transmission dans un sens et l'autre pour celle en sens contraire.

Dans la guérite d'atterrissement de Sardaigne, sont installés les dispositifs terminaux pour circuits à quatre fils, avec la ligne artificielle d'équilibre du câble sous-marin, le dispositif de dérivation et un dispositif de duplexage avec ligne artificielle pour a communication télégraphique infra-acoustique. Des appareils

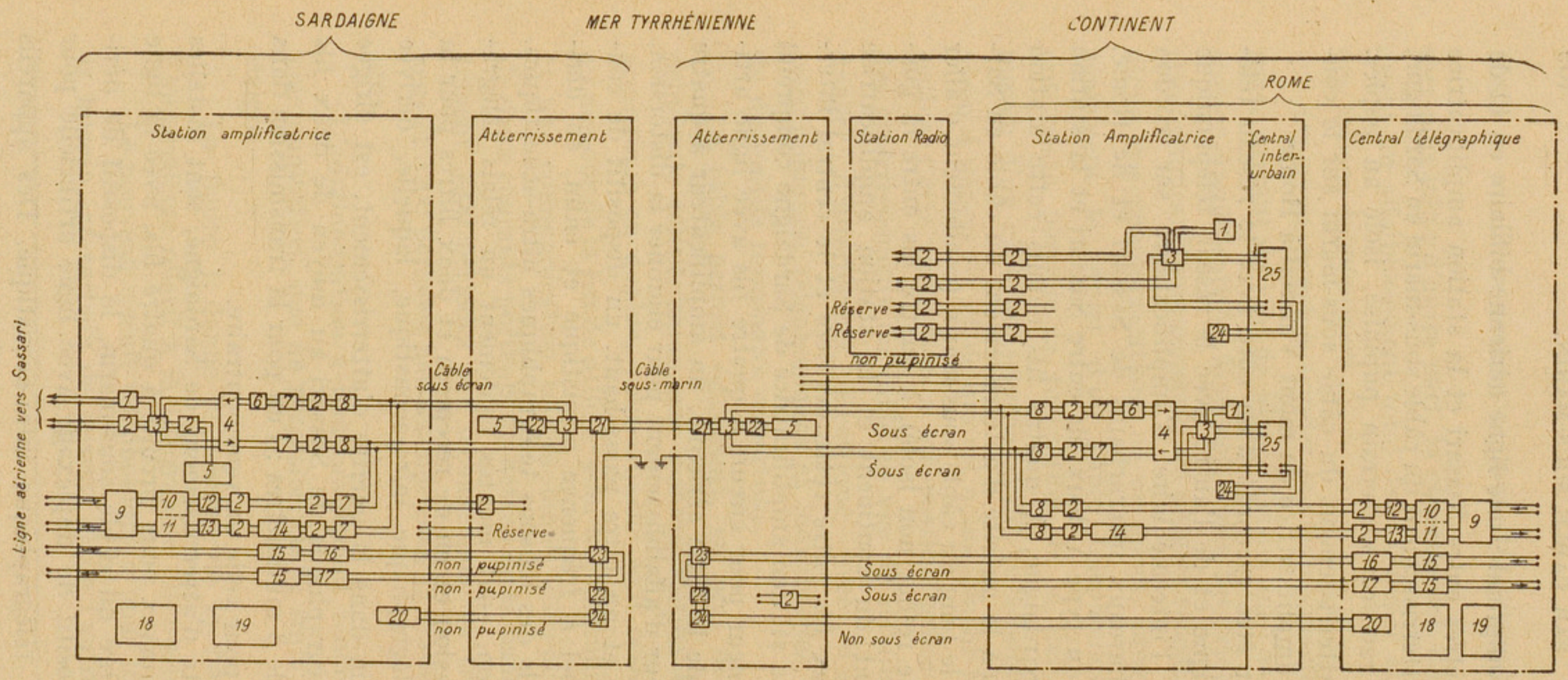


Fig. 1. — Schéma de la liaison continent-Sardaigne.

1. Appel à fréquence vocale ;
2. Translateur ;
3. Termineur (circuit à 4 fils) ;
4. Amplificateur (circuit à 4 fils) ;
5. Ligne artificielle de type universel ;
6. Egalisateur ;
7. Filtre passe-haut ;
8. Filtre passe-bas ;
9. Circuits télégraphiques à courant continu et de contrôle ;
10. Oscillateur et amplificateur de transmission ;
11. Amplificateur et redresseur de réception ;
12. Filtre de transmission ;
13. Filtre de réception ;
14. Amplificateur ;
15. Relais télégraphique ;
16. Filtre redresseur des signaux télégraphiques ;
17. Filtre ;
18. Appareils d'essai des batteries pour la télégraphie harmonique ;
19. Appareils pour l'essai de circuits télégraphiques ;
20. Circuit d'essai ;
21. Dispositif de dérivation pour télégraphie infra-acoustique ;
22. Dispositif d'équilibre du précédent ;
23. Duplexage télégraphique ;
24. Ligne artificielle ;
25. Amplificateurs sur cordons.

analogues sont montés dans la guérite d'atterrissement du continent et dans la station amplificatrice de Rome, sauf que l'appareillage relatif aux communications télégraphiques n'est pas placé dans la station amplificatrice, mais se trouve reporté au central télégraphique de Rome, à l'aide d'un câble de raccordement.

Sur la figure 1, on voit aussi comment ont été utilisées certaines paires du câble de raccordement pour le fonctionnement de la station radio, qui était desservie jusqu'à présent par un circuit aérien.

Sur la figure 2, on trouve le schéma de la liaison téléphonique Sassari—Rome, avec le diagramme des niveaux de transmission dans chaque sens.

Voici quelques renseignements sur le câble sous-marin et sur les câbles de raccordement.

II. Cable sous-marin.

1. Constitution et caractéristiques de construction. — a) *Constitution.* — Le câble a une longueur de 145,774 milles marin, soit 269^{km},974, ainsi répartis (en milles marins) :

Guérite d'atterrissement du continent.	
Câble d'atterrissement à 2 conducteurs sous plomb (type A^2 Pb)....	0,200
Câble d'atterrissement à 2 conducteurs sous plomb (type A^2)	4,508
Câble d'atterrissement à 1 conducteur (type A).....	4,020
— intermédiaire (type B).....	4,000
— de fond (type D)	109,863
— intermédiaire (type B).....	7,052
— d'atterrissement à 1 conducteur (type A)	15,619
— — à 2 conducteurs sous plomb (type A^2).	0,308
— — à 2 conducteurs sous plomb (type A^2Pb)	0,204
Guérite d'atterrissement de Sardaigne.	

b) *Câbles à 1 conducteur.* — Les câbles téléphoniques terrestres contiennent plusieurs dizaines de conducteurs, de façon à permettre la réalisation d'un grand nombre de circuits : ainsi le câble de Florence à Bologne contient 540 conducteurs (135 quartes).

Dans les câbles sous-marins, le nombre de conducteurs est limité par la nécessité de réduire autant que possible le poids du câble. Etant donné les difficultés de pose et de relèvement en

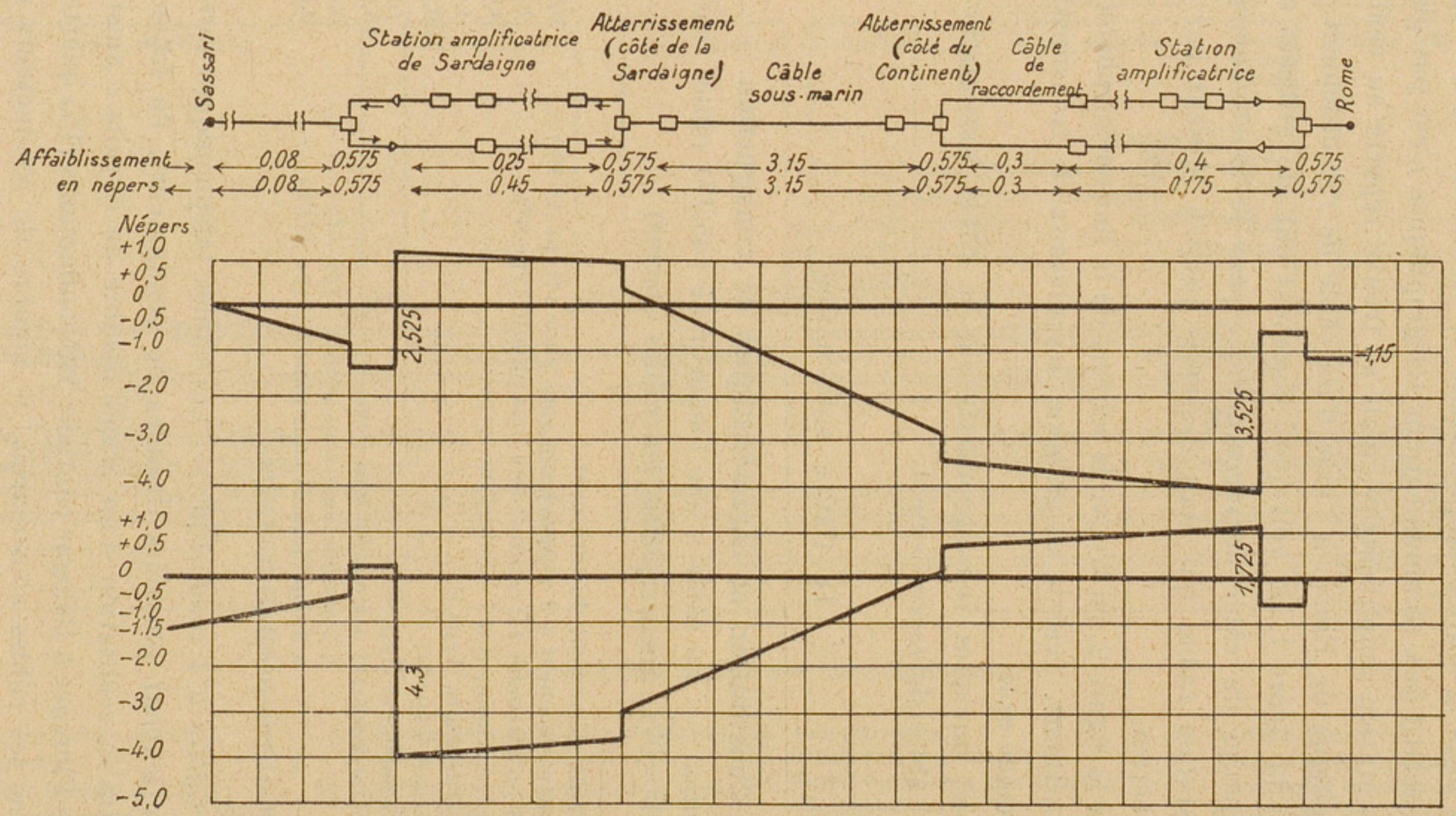


Fig. 2. — Diagramme des niveaux de transmission.

cas de dérangement, les câbles télégraphiques sous-marins de grande longueur sont tous à un seul conducteur.

Pour les communications téléphoniques, on a reconnu depuis longtemps la nécessité de constituer des circuits complètement métalliques (bifilaires), afin de diminuer les perturbations auxquelles sont soumis les circuits à retour par le sol du fait des courants induits par les circuits voisins. De tels inconvénients peuvent être évités dans les câbles sous-marins par un choix judicieux des atterrissements et du tracé, choix tel que leurs extrémités soient à distance suffisante des installations industrielles et ne présentent pas de parallélisme avec d'autres câbles sous-marins trop voisins.

En ce qui concerne les courants parasites collectés par les prises de terre, on a recours à des prises de terre éloignées de la côte, faites à l'aide de conducteurs auxiliaires isolés, de longueurs variables suivant les conditions locales de l'atterrissement ; ceux-ci sont placés dans l'armature qui protège le conducteur principal et ont leur extrémité lointaine reliée aux fils de l'armature.

Pour ces raisons, on peut adopter, pour les communications téléphoniques, des câbles sous-marins à un seul conducteur, avantage que l'on met à profit pour réduire au minimum le poids du câble à immerger par grand fond. Il faut observer qu'à la différence de ce qui se passe pour le courant télégraphique à basse fréquence, qui retourne à travers la mer par une voie de très grande section, donc de résistance négligeable, le courant de retour de fréquence plus élevée tend à se concentrer au voisinage du câble, d'autant plus que la fréquence est grande. Dans le cas de courants téléphoniques, les courants de retour sont rapidement localisés dans l'armature du fil d'acier placé autour du câble et dans la masse d'eau qui se trouve autour de l'isolant, de sorte que la résistance de retour devient une partie importante de la résistance totale du circuit et a une influence notable sur l'affaiblissement du circuit complet.

Les études faites ont démontré qu'un moyen efficace pour diminuer cette résistance du circuit de retour consiste à disposer entre l'armature et l'âme du câble un conducteur à faible résis-

tance non isolé. Les courants de très basse fréquence se divisent alors entre l'eau, l'armature et ce conducteur, tandis que ceux de fréquence plus grande tendent à revenir uniquement par le conducteur, et cela d'autant plus que leur fréquence est plus élevée. La résistance de ce conducteur représente la limite supérieure de la résistance opposée au courant de retour. Par cet article, l'affaiblissement du câble se trouve notablement diminué.

Le premier câble téléphonique sous-marin à un seul conducteur isolé à la gutta, à conducteurs concentriques de retour, a été construit en 1914 par les Norddeutschseekabel-Werke et posé seulement en 1920. D'autres câbles de ce type sont ceux qui ont été posés en 1921 par la Cuban American telephone and telegraph Cy entre Key West et la Havane et les deux câbles posés en 1924 par l'International telephone and telegraph corporation entre l'Algérie et Ceuta et entre Ténériffe et la Grande Canarie. La longueur des premiers est comprise entre 186 et 195 kilomètres ; celle des deux autres est de 37 et de 74 kilomètres respectivement ; la profondeur de la mer en certains points entre Key West et la Havane atteint 1830 mètres et entre Ténériffe et la Grande Canarie 2740 mètres.

Le type de câble choisi correspond à ces derniers types, bien que devant être d'une longueur très supérieure. Nous donnerons plus loin les détails de construction.

c) *Isolant.* — L'isolant généralement adopté pour les câbles de grand fond est la gutta percha, puisque le papier dont on se sert exclusivement pour les câbles téléphoniques terrestres implique nécessairement l'emploi d'un tube imperméable de plomb, et que celui-ci, en plus de son poids, constitue, par sa fragilité, un danger de dérangements fréquents et importants, rendant inutiles toutes les précautions prises pour limiter ces dérangements. Toutefois, un câble de ce dernier type fut projeté pour la liaison Sardaigne—continent, câble que l'administration n'a pas pris en considération, pour ne pas courir les dangers précédemment indiqués. Dans ce dernier, la gaîne de plomb, d'une épaisseur de 3 millimètres, aurait constitué le conducteur de retour. Le type de gutta percha employé de préférence pour les câbles téléphoniques sous-marins

est à basse conductance, afin d'avoir des pertes moins sensibles dans le diélectrique.

d) *Charge inductive.* — Tandis que les câbles téléphoniques souterrains sont chargés par des bobines Pupin insérées à intervalles réguliers dans le circuit, les câbles sous-marins spécialement destinés aux grands fonds sont chargés exclusivement par système Krarup avec une spirale de fil de fer doux ou d'alliage à haute perméabilité comme le perminvar ou autres métaux analogues, enroulée sur le conducteur d'une façon continue et à spires jointives : ceci parce que l'emploi des bobines Pupin, même de types perfectionnés et construites spécialement dans ce but, serait prohibitif pour la seule raison de la difficulté de pose et de relèvement en cas de dérangement. Avec la charge du type Krarup, on réalise en outre l'avantage de pouvoir transmettre des courants de fréquences relativement élevées, que l'on ne pourrait transmettre avec des câbles pupinisés, car ces derniers ont, comme on sait, une fréquence limite au dessus de laquelle ils présentent un affaiblissement infiniment grand. Ainsi les câbles des Canaries, qui sont chargés par système Krarup, sont exploités de façon à réaliser des communications téléphoniques à haute fréquence superposées à la communication ordinaire, au moyen de courants porteurs.

e) *Ame principale.* — L'âme est constituée par un fil de cuivre électrolytique recuit d'environ 3 millimètres, sur lequel sont enroulées en hélice cinq feuilles de cuivre pur de $1^{mm},96$ sur $0^{mm},32$. La charge est constituée par une spirale de fil de fer doux recuit de $0^{mm},25$ de diamètre à spires jointives. L'isolement de ce dernier conducteur est obtenu par trois couches concentriques de gutta spéciale à faible conductance, contenant environ 55 % de gutta pure : l'âme du câble atteint ainsi un diamètre d'environ $12^{mm},1$.

Sur la gutta percha, est appliqué un ruban de coton tanné et ensuite un ruban de cuivre d'environ 1/10 de millimètre d'épaisseur, à bords superposés de façon à former une gaîne bien close. Sur ce ruban, est enroulée une couronne de 52 fils de cuivre d'environ $0^{mm},78$ de diamètre, constituant avec le ruban de cuivre

le conducteur de retour. Le tout est entouré d'un ruban imprégné d'un mélange à base de paraffine : le diamètre extérieur de l'âme ainsi composée est d'environ 15 millimètres. Le poids du conducteur de cuivre intérieur, celui de la gutta et celui du conducteur de cuivre extérieur sont respectivement d'environ 90, 100 et 280 grammes par mètre.

f) *Conducteur de terre isolé.* — Le conducteur central et celui de retour non isolé, qui constituent l'âme précédemment décrite, s'étendent sur toute la longueur du câble ; mais, conformément à la pratique des câbles télégraphiques sous-marins, on a pourvu le câble, à ses deux extrémités, d'un second conducteur isolé qui vient prendre la terre à une certaine distance du rivage.

Un tel conducteur est semblable au conducteur normal ; il est isolé, comme lui, à la gutta percha et protégé par un ruban

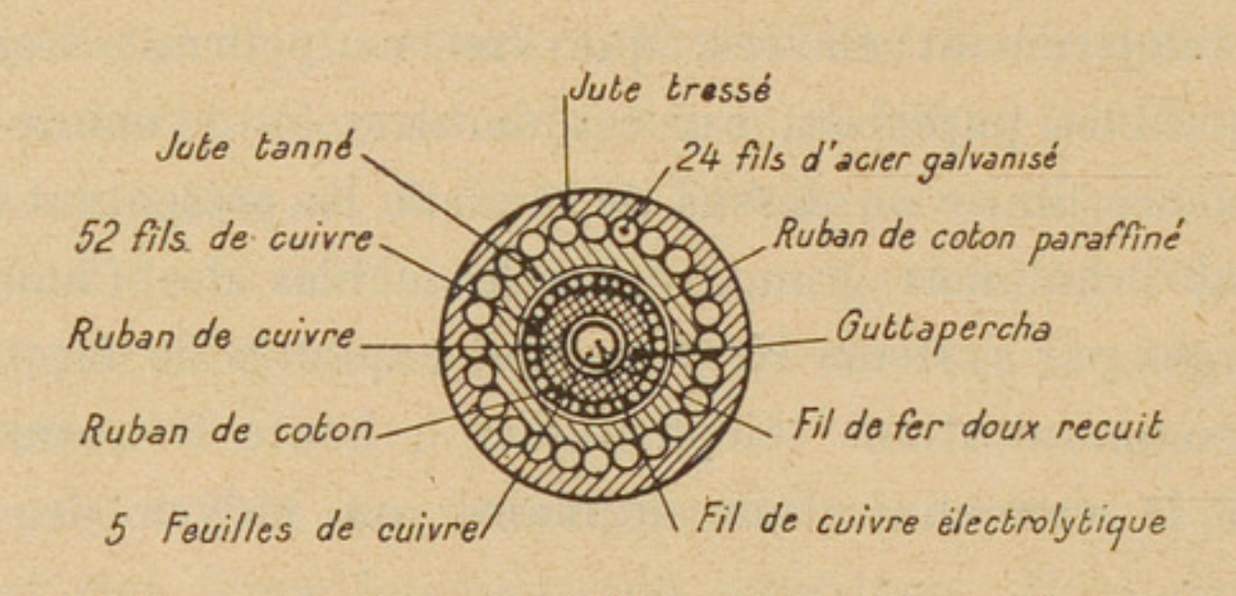


Fig. 3. — Section du câble de fond (type D).

de coton tanné, un ruban de cuivre et un ruban de coton imprégné de paraffine : il manque naturellement la couronne de fils de cuivre.

g) *Ame et conducteur de terre protégés par des tubes de plomb.* — Dans les portions de câble posées sur la côte, l'âme et le conducteur de terre sont protégés contre les agents atmosphériques qui pourraient endommager la gutta percha au moyen de tubes de plomb ayant environ 1 millimètre d'épaisseur. Sur le tube de plomb, est ensuite enroulé un ruban de coton paraffiné, de couleur blanche pour le conducteur principal et verte pour celui de terre.

h) *Armature.* — Le type et la dimension de l'armature d'un câble sous-marin varient suivant la profondeur à laquelle ils doivent être posés et, pour les petites profondeurs, suivant la nature

du fond sous-marin, des courants et d'autres facteurs. Ils sont construits suivant cinq types, dont les sections sont représentées par les figures 3 à 8 :

1° Câble de fond (type D). — Il est posé dans les sections

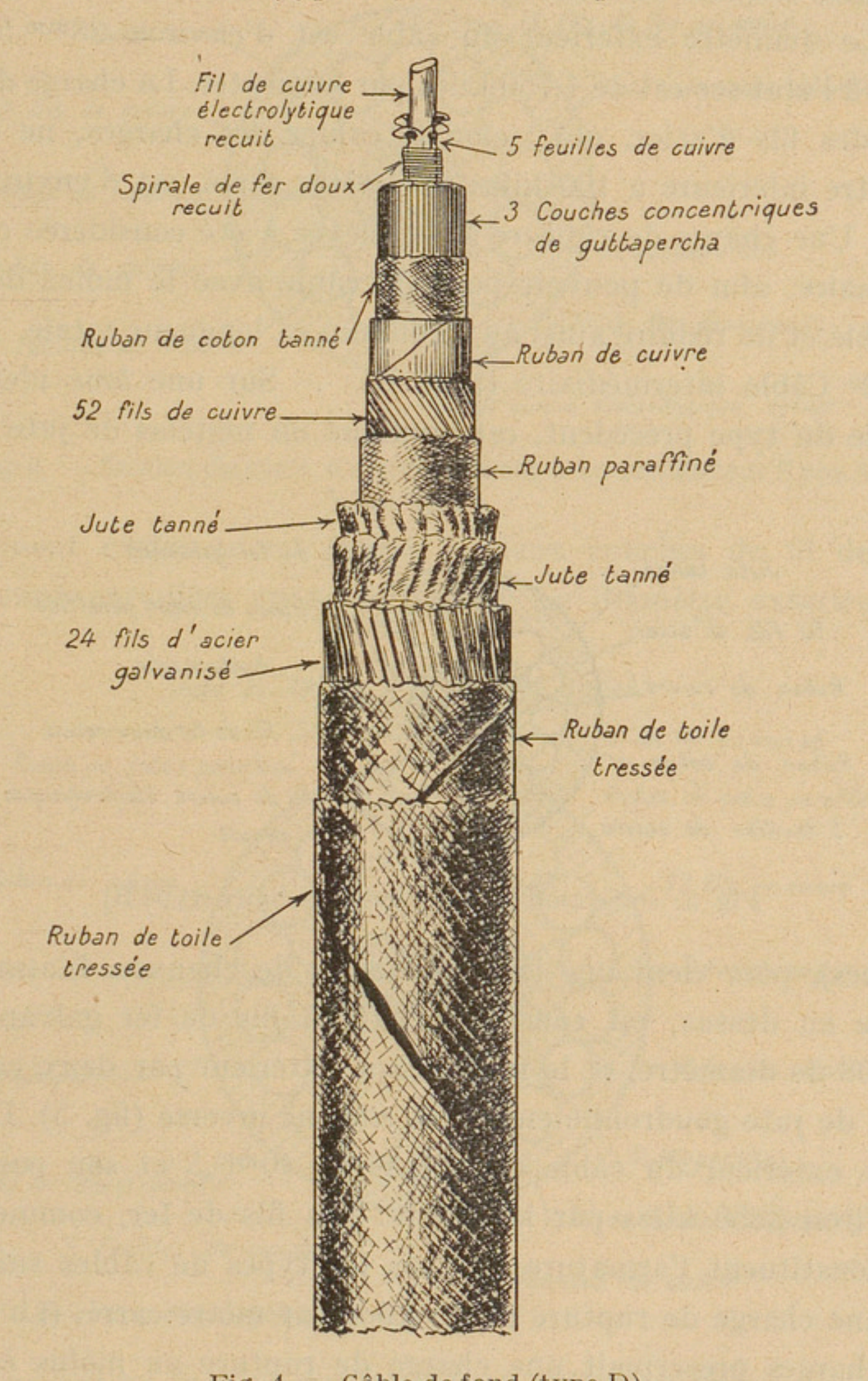


Fig. 4. — Câble de fond (type D).

de plus grande profondeur. Il est constitué par une âme identique à celle déjà décrite, entourée de deux couches de fils de jute tanné, enroulées en sens contraire et fixées par un fil de chanvre de façon

à constituer un solide matelas pour l'armature placée au dessus. Celle-ci est formée de 24 fils d'acier galvanisé d'environ $2^{mm},41$ de diamètre (fig. 3 et 4). Le câble est complété par une enveloppe de deux couches de toile goudronnée enroulées en sens inverse.

Le diamètre extérieur du câble est d'environ $28^{mm},5$; son poids à l'état sec est de 1.750 kilos par kilomètre. La charge de rupture des fils d'acier, qui, selon le cahier des charges, ne devait pas être inférieure à 100 kilos par mètre carré, est d'environ 150 kilos. Une charge de rupture aussi élevée a été considérée comme nécessaire, afin de pouvoir poser le câble avec le moins de mou possible et de réduire ainsi au minimum sa longueur totale.

2° Câble intermédiaire (type B). — Sur une âme identique à celle du type précédent, est appliqué un matelas de jute (deux

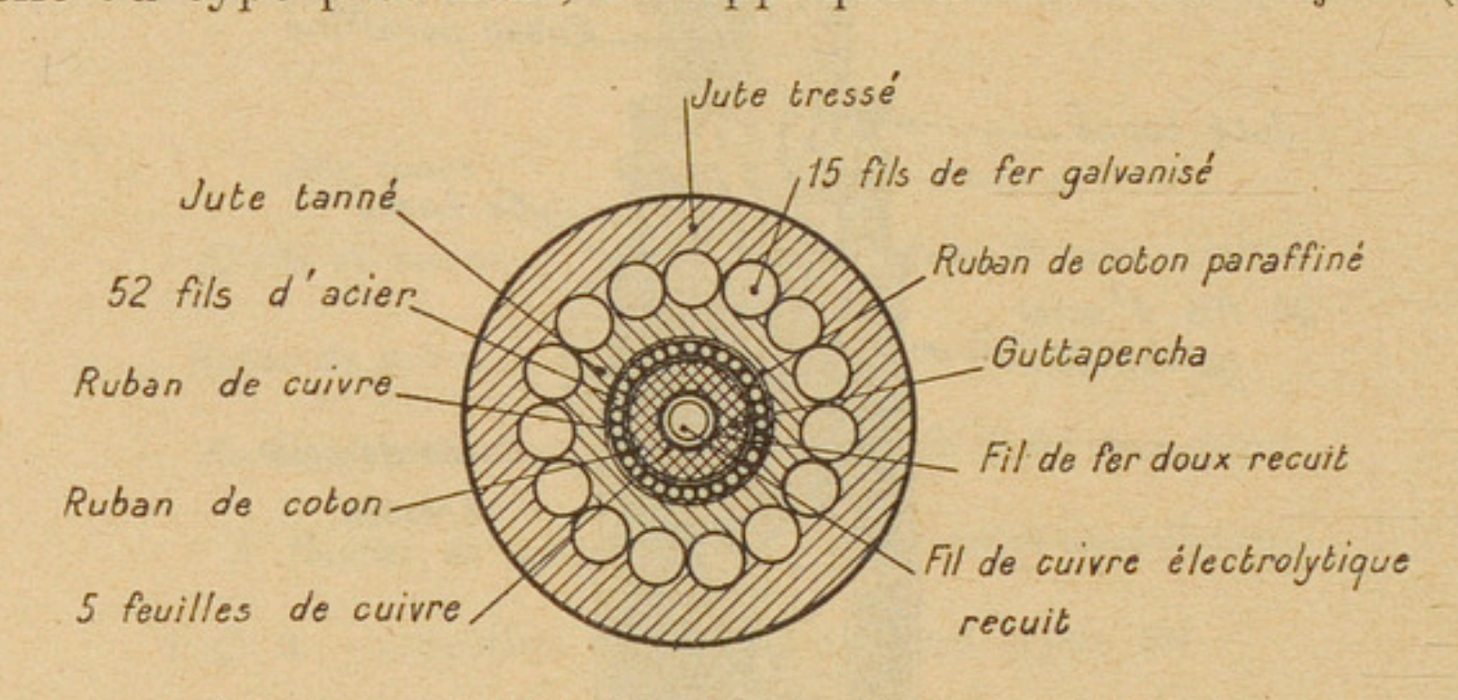


Fig. 5. — Section du câble intermédiaire (type B).

couches), puis vient une ligature de fils de chanvre. L'armature, placée au dessus, est constituée par 15 fils de fer galvanisé de $5^{mm},08$ de diamètre, et le revêtement extérieur par deux couches de fil de jute goudronné enroulées en sens inverse (fig. 5). Le diamètre extérieur du câble est d'environ $40^{mm},5$ et son poids est d'environ 3850 kilos par kilomètre. Les fils de fer, comme ceux qui constituent l'armature de tous les types de câbles suivants, ont une charge de rupture de 45 kilos par mètre carré. (Le cahier des charges prescrivait une charge de rupture au moins égale à 40 kilos par mètre carré).

3° Câble d'atterrissement à un conducteur (type A). — Sur une âme identique à celle des câbles précédents, est appliqué un matelas constitué par deux couches de jute et une ligature de fil

de chanvre. L'armature placée au dessus est constituée par 13 fils de fer galvanisé d'environ 7mm,62 de diamètre (fig. 6). Le

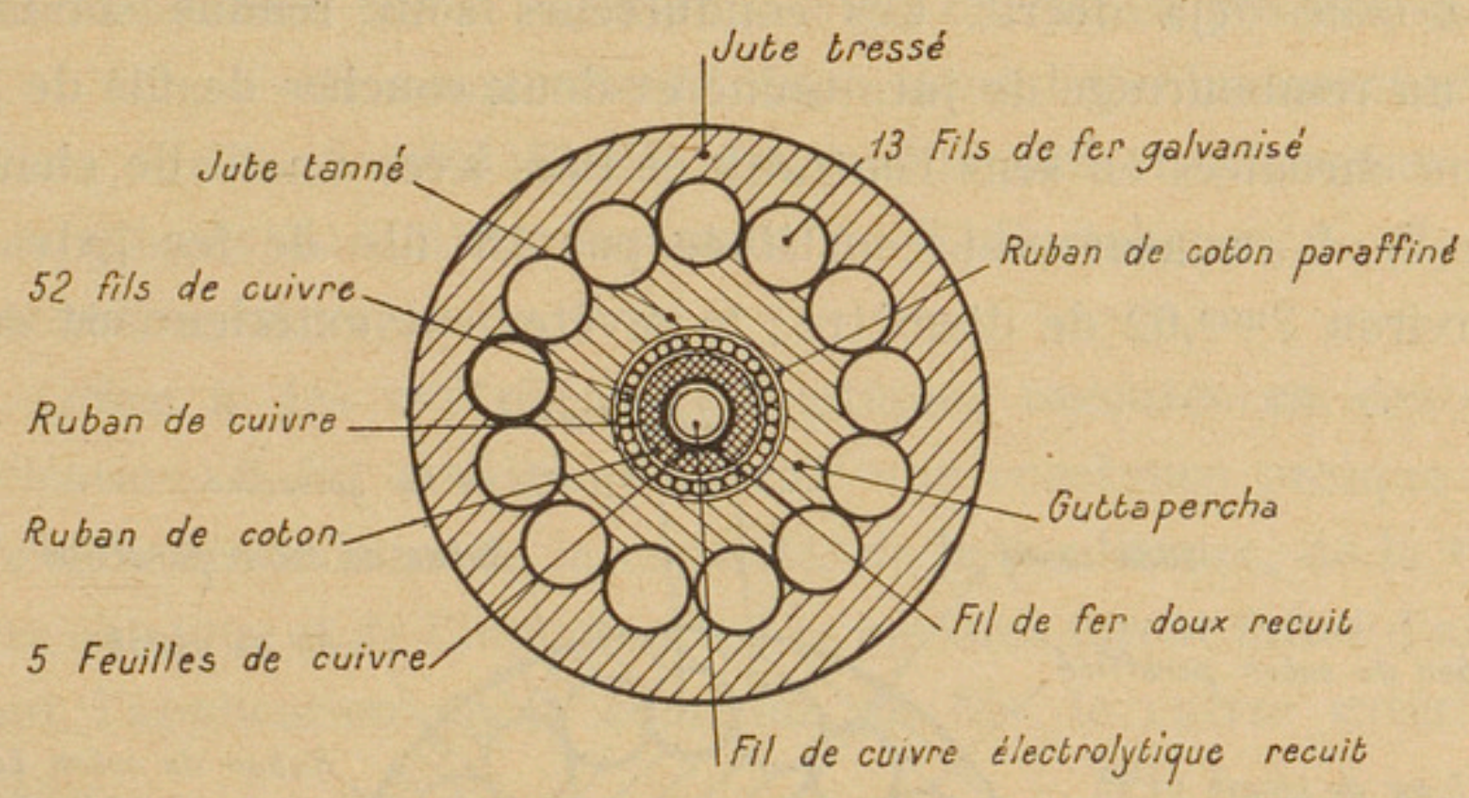


Fig. 6. — Section du câble d'atterrissement à un conducteur (type A).

revêtement extérieur est formé de deux couches de fil de jute goudronné enroulées en sens inverse. Le diamètre extérieur est

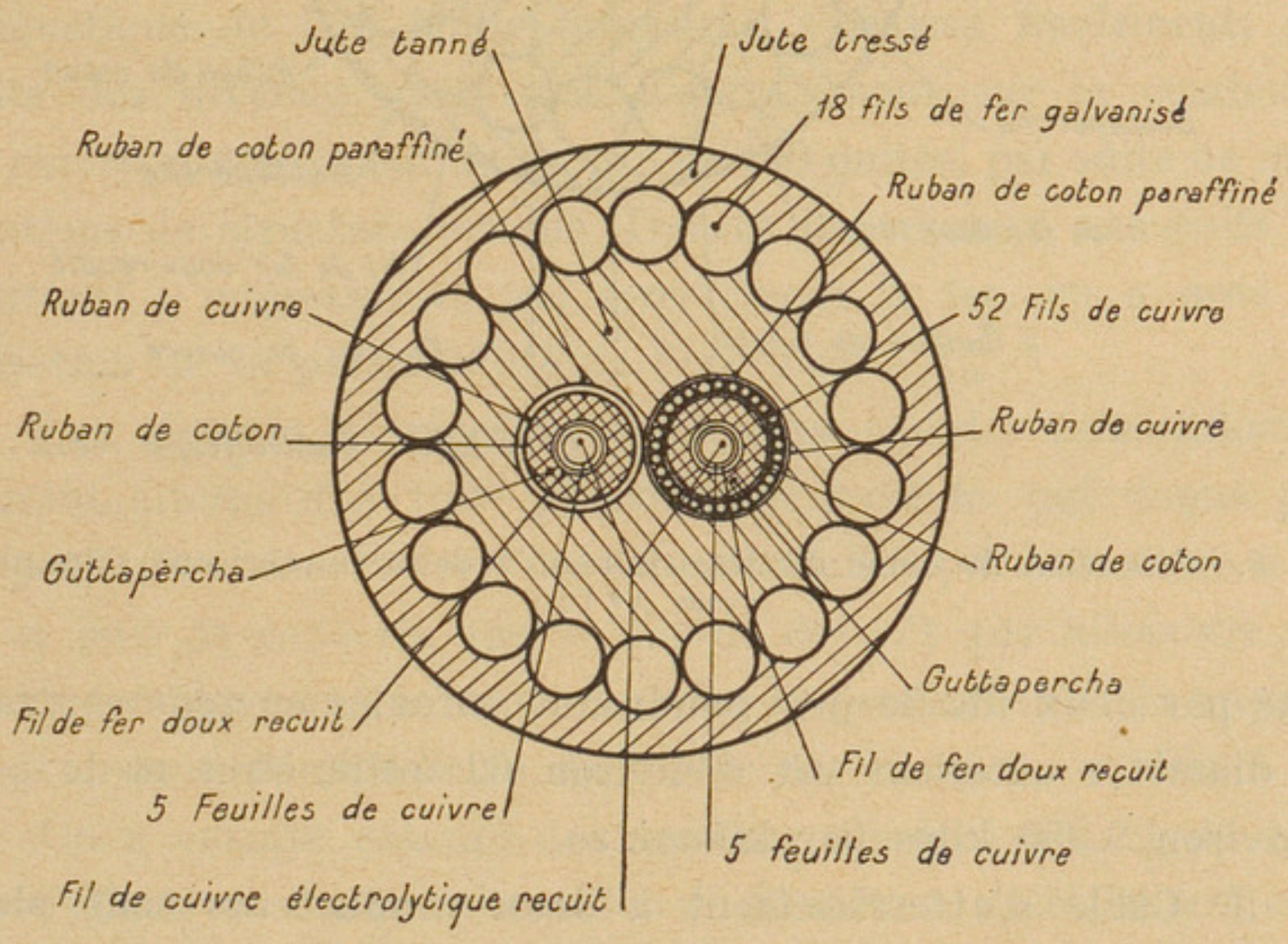


Fig. 7. — Section du câble d'atterrissement à deux conducteurs (type A²)

d'environ 50 millimètres et le poids d'environ 6.000 kilos par kilomètre.

4° Câble d'atterrissement à deux conducteurs (type A²). —

Il se compose de deux conducteurs dont l'un est une âme identique à celle des câbles précédents et l'autre un conducteur de terre isolé déjà décrit. Ces conducteurs sont rendus solidaires par un rembourrage de jute tanné et deux couches de fils de jute tanné enroulées en sens contraire et liées avec un fil de chanvre (fig. 7). L'armature est constituée par 18 fils de fer galvanisé d'environ 7mm,62 de diamètre ; le revêtement extérieur est cons-

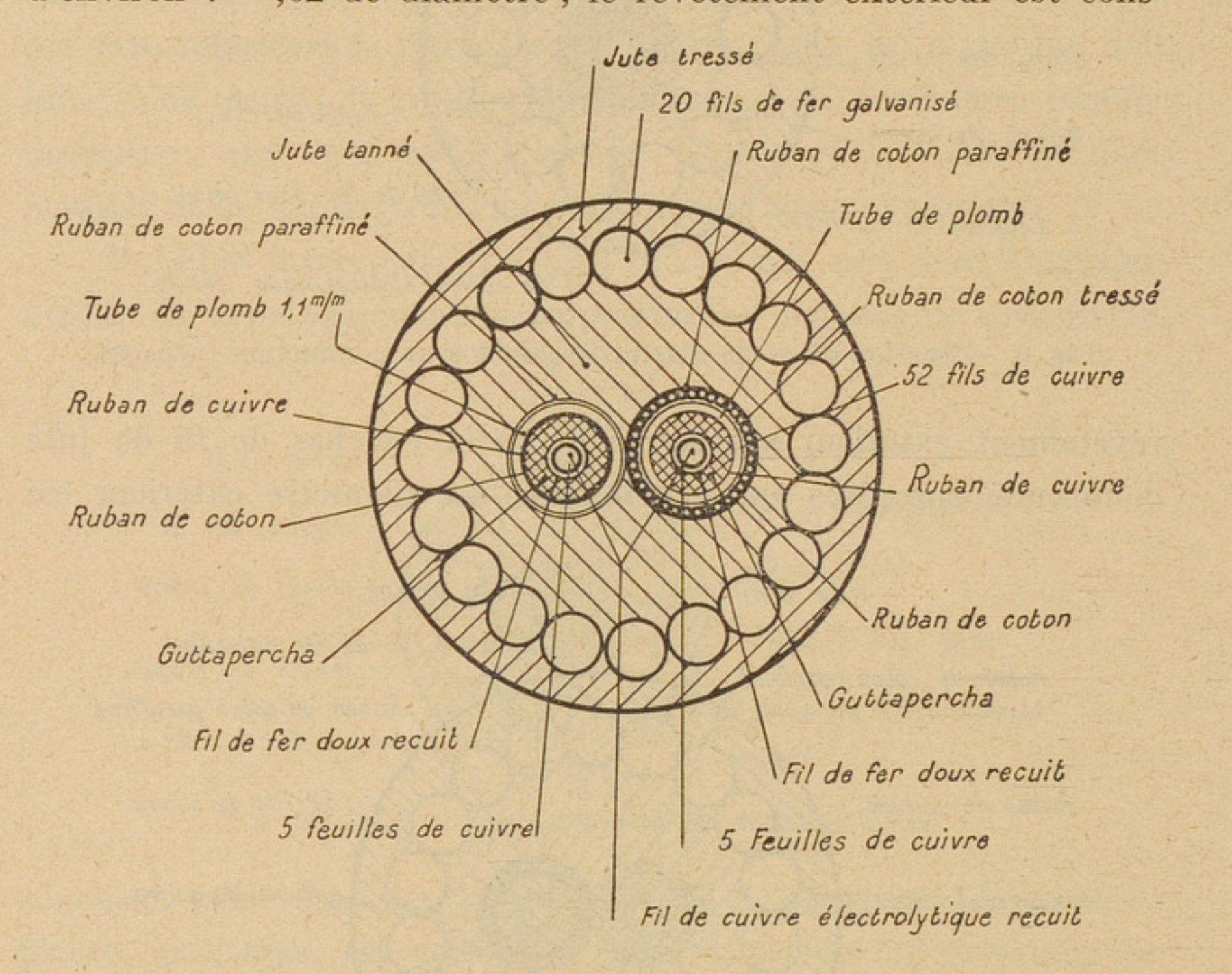


Fig. 8. — Section du câble d'atterrissement à deux conducteurs sous plomb (type A² Pb).

titué par deux fils de jute goudronné enroulés en sens contraire. Le diamètre extérieur est d'environ 62 millimètres et le poids d'environ 9.950 kilos par kilomètre.

5° Câble d'atterrissement à deux conducteurs sous plomb (type A² Pb). — Il est construit comme le précédent, mais avec deux conducteurs placés sous plomb comme on l'a déjà décrit. L'armature est constituée par 20 fils de fer galvanisé de 7mm,62 de diamètre. Le diamètre extérieur est d'environ 68 millimètres et le poids d'environ 11.500 kilos par kilomètre (fig. 8).

2. Fabrication du câble et essais électriques avant la pose. — Le câble a été fabriqué par la Société italienne Pirelli, sur les données fournies par la Western électric cy, qui en possède le brevet. L'âme a été construite à Milan dans l'établissement de la Bicocca, de la Société Pirelli. Le revêtement et l'armature ont été appliqués dans l'établissement de S. Bartolomeo (la Spezia) de la même société.

Grâce à des contrôles systématiques exécutés en cours de fabrication, il fut possible d'obtenir une constance presque parfaite dans les valeurs de la capacité, de la perditance, de la résistance ohmique et de l'inductance. Les mesures furent faites d'abord avant l'application de la couronne de fils de cuivre extérieure à l'âme.

Un soin particulier fut apporté à l'examen des caractéristiques du fer, car ce dernier est sujet à des variations au cours des divers stades de fabrication. La perméabilité du fer, qui, à l'arrivée en usine, était égale à environ 200 unités (pour un champ magnétique de très faible intensité), s'abaissa finalement, à la suite des diverses opérations d'enroulement sur le conducteur de cuivre, à une valeur de l'ordre de 100 unités, par suite de modifications de structure interne. Durant les travaux successifs, qui pourtant n'intéressaient pas directement le fer, on a noté une variation de sa perméabilité de l'ordre de 5 %.

Les mesures de réception, exécutées sur des échantillons en courant alternatif à 1000 périodes par seconde, ont donné pour la perditance une valeur de 8,2 micromhos par kilomètre à 24° C, et pour la capacité une valeur de $0^{\mu F},171$ par kilomètre à la même température ; le rapport entre la perditance et la capacité est d'environ 48 (condition du cahier des charges : $\leqslant 50$).

On a ensuite exécuté des mesures d'inductance et de résistance effectives sur un échantillon de 31 mètres, spécialement construit suivant les clauses du cahier des charges, et constitué par deux conducteurs de cuivre krarupisés, identiques à ceux de l'âme, mais isolés séparément au papier comprimé (diamètre : $12^{mm},8$). Avec un courant de mesure ayant une intensité de 1 milliampère et une fréquence de 800 p : s, les résultats furent les suivants :

Inductance : $4^{mH},54$ par kilomètre (valeur exigée : au moins 4,2) ;

Résistance effective : 1,063 fois la résistance en courant continu (valeur exigée : pas plus de 1,1 fois la résistance en courant continu).

Les bobines d'âme furent essayées également sous la tension alternative efficace de 5000 volts et ont donné satisfaction.

Très laborieuse fut la recherche de l'ordre dans lequel les bobines devaient être ajoutées pour la constitution du câble afin d'assurer la constance de l'impédance caractéristique. Le câble devait permettre une amplification élevée, étant donné son affaiblissement croissant avec la fréquence, surtout aux environs de 2000 p : s ; il était par suite nécessaire de garantir une grande

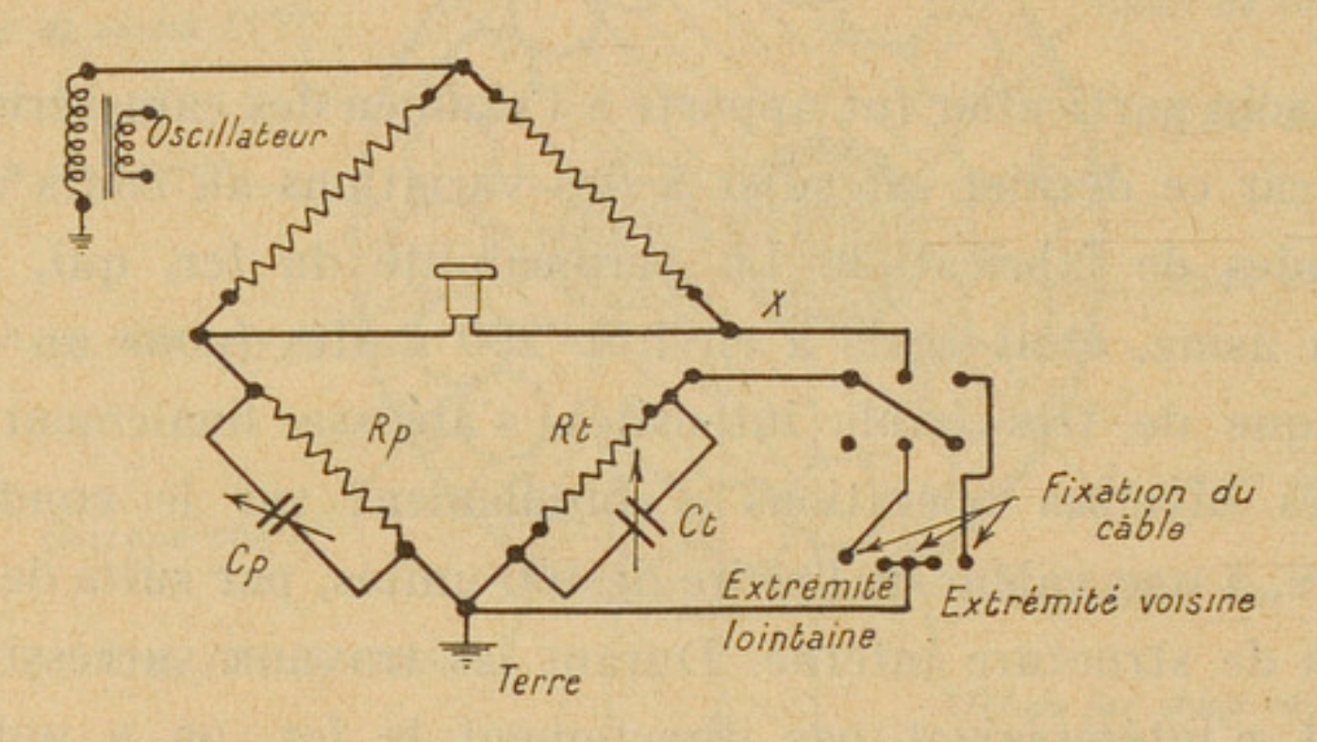


Fig. 9. — Schéma de principe du pont pour la mesure des impédances.

régularité dans la croissance de la courbe de l'impédance en fonction de la fréquence.

Puisque l'affaiblissement croît notablement avec la fréquence, la portion de courbe qui méritait le plus d'attention était celle comprise entre 1000 p : s et la fréquence la plus élevée à transmettre, qui est légèrement supérieure à 2000 p : s.

Le pont employé pour la mesure de l'impédance assimile le câble à une résistance R et à une capacité C montées en parallèle (fig. 9). Cette méthode de mesure est une méthode de zéro. Les rhéostats R_p et R_t et les condensateurs C_p et C_t sont soigneusement ajustés, de façon qu'en fermant le pont sur l'ensemble R_t C_t (position de gauche pour le commutateur) on trouve un équilibre pratiquement parfait pour des valeurs égales de la résis-

tance et de la capacité dans les deux bras de comparaison ayant un point commun au sol. Une telle vérification de parfait équilibre se répète de temps en temps en portant le commutateur à gauche.

La mesure de l'impédance caractéristique s'effectue en plaçant le commutateur dans sa position de droite : le câble se trouve inséré par son extrémité locale entre le sommet X et la terre du pont, et l'ensemble R_t C_t termine le circuit à son extrémité lointaine. La manœuvre consiste à réaliser le silence en donnant à R_p et à R_t des valeurs toujours égales ainsi qu'à C_p et C_t : les valeurs correspondant au silence sont celles de l'impédance caractéristique cherchée, puisque l'impédance d'entrée du câble est égale à celle sur laquelle il est formé à son extrémité lointaine.

Cette méthode est encore valable si l'ensemble R_t C_t n'est pas parfaitement équilibré. Il suffit de chercher par tâtonnements les conditions pour lesquelles le pont reste équilibré après inversion du commutateur : l'impédance caractéristique cherchée est celle qui correspond aux valeurs convenables de R_p C_p.

Les diverses bobines furent, après examen, reliées dans l'ordre qui réalisait au mieux la régularité de la courbe impédance-fréquence. Un soin particulier fut apporté au choix des bobines de réserve, qui devront pouvoir être insérées en un point quelconque du câble en cas de réparation.

La combinaison définitive (fig. 10) ne fut possible que lorsqu'on se fut assuré que les diverses opérations successives n'avaient pas sensiblement altéré la valeur de la perméabilité du fer ni, par suite, celle de l'impédance.

Une fois déterminé l'ordre des bobines, celles-ci furent ajoutées pour former la longueur de câble suffisante, longueur calculée suivant le tracé projeté et en tenant compte de sondages exécutés le long de ce tracé. Le câble fut divisé en quatre tronçons :

1) Atterrissement sur le continent, constitué par

0,200	mille marin de	câble du	type A^2 Pb ;
4,508	—	—	A^2 ;
4,020	—	—	A ;
4	—	—	B.

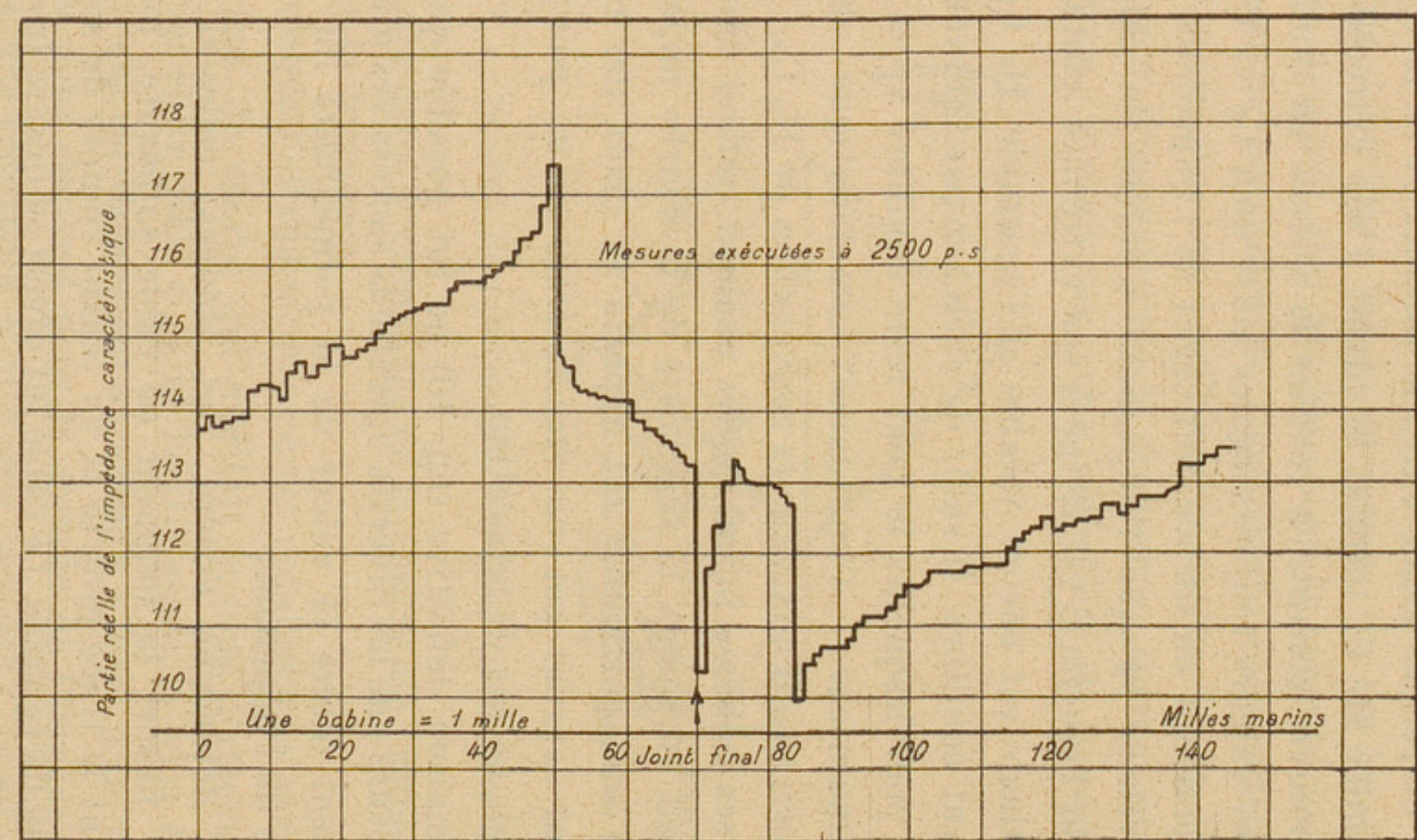


Fig. 10. — Partie réelle de l'impédance caractéristique des bobines, ayant chacune la longueur d'un mille marin, et constituant le câble selon l'ordre indiqué.

2) Câble de fond du côté du continent : 60,488 milles marins.

3) Atterrissement en Sardaigne, constitué par :

0,204	mille marin	de câble du type	A^2 Pb ;
0,308	—	—	A^2 ;
15,609	—	—	A ;
7,052	—	—	B.

4) Câble de fond du côté de la Sardaigne : 50,769 milles marins.

De plus, il restait, comme secours, quelques sections de câble des divers types. On exécuta à bord les épissures entre les tronçons

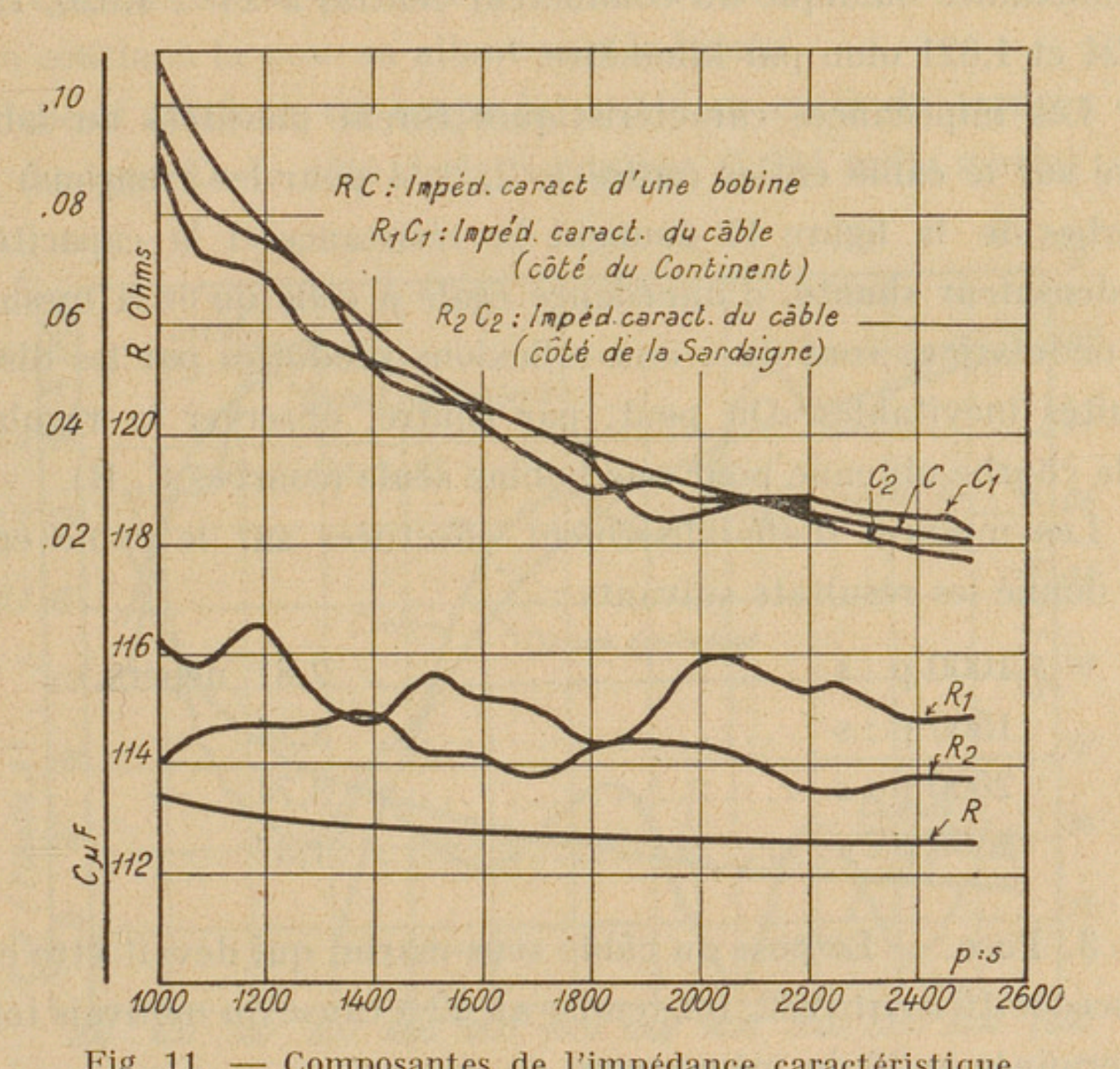


Fig. 11. — Composantes de l'impédance caractéristique, mesurées à l'usine.

1 et 2 d'une part, 3 et 4 d'autre part ; puis on détacha du câble d'atterrissement en Sardaigne la partie comprenant les câbles d'atterrissement à deux conducteurs, à cause des modalités de pose adoptées.

Les quatre tronçons avaient été soumis, en usine, à des mesures d'isolement en courant continu (400 volts appliqués dans chaque sens), à des mesures de capacité, de résistance ohmique,

d'impédance caractéristique et d'affaiblissement à diverses fréquences. En voici les résultats pour chaque tronçon.

Isolement kilomètrique des quatre tronçons au bout de la première minute d'électrisation, à 24° C : 5070, 5375, 5130 et 4900 mégohms par kilomètre (valeur exigée : au moins 1000) ; à la fin de la vingtième minute, l'isolement est amélioré de 35 % ;

Capacité électrostatique du conducteur principal par rapport à tous les autres (mesurée sous 10 volts) : 0,170, 0,170 0,170 et 0,171 microfarad par kilomètre ;

Résistance ohmique du conducteur central à 24° : 1,626, 1,626, 1,624 et 1,621 ohm par kilomètre.

Les impédances caractéristiques furent mesurées au laboratoire sur le câble entier (ordre 1, 2, 3, 4 pour les tronçons) : les courbes de la figure 11 donnent la résistance et la capacité du condensateur shunté, d'impédance égale à celle qu'on a mesurée ; les ondulations sont dues aux réflexions produites par les discontinuités inévitables. On peut, par contre, observer la régularité de la courbe obtenue pour une bobine seule (courbes C, R).

Les mesures d'affaiblissement effectuées sur le câble entier ont donné les résultats suivants :

1000 p : s	2,81	népers,
1500 p : s	3,24	—
2000 p : s	3,74	—
2500 p : s	4,37	—

3. Pose. — La pose du câble sous-marin, qui devait être commencée le 16 avril 1932, fut remise au 22 à cause du mauvais temps et terminée le 28 du même mois.

La pose fut faite par le navire câblier « Città di Milano » suivant le programme établi. Le navire jeta l'ancre à environ 2 kilomètres de la guérite d'atterrissement déjà installée sur la plage. On transborda sur un bateau fluvial spécial la quantité de câble nécessaire pour rejoindre la plage ; la pose en fut faite à partir du navire à l'aide d'un remorqueur.

La pose de l'atterrissement terminée, on commença celle du câble restée à bord, suivant le trajet pré-établi, jusqu'à ce que

soit posé l'ensemble des tronçons 1 et 2 mentionnés ci-dessus. Après avoir attaché une bouée à l'extrémité, le navire partit vers la Sardaigne pour procéder à la pose du câble en sens inverse. Il jeta l'ancre à environ 4 milles de la guérite ; on transborda sur un bateau spécial le tronçon de câble d'atterrissement, qui fut posé en allant de la guérite vers le navire. (Ce sens de pose, inverse du sens adopté pour le côté du continent, était imposé par des raisons techniques.) L'extrémité du câble d'atterrissement ayant été amenée à bord de la « Città di Milano » et les mesures habituelles ayant été faites, on procéda à l'épissure avec le câble du bord et l'on continua la pose en allant vers la bouée.

Celle-ci atteinte, on coupa la partie en excès du tronçon du câble du type D du côté de la Sardaigne (1,394 mille marin) ; on

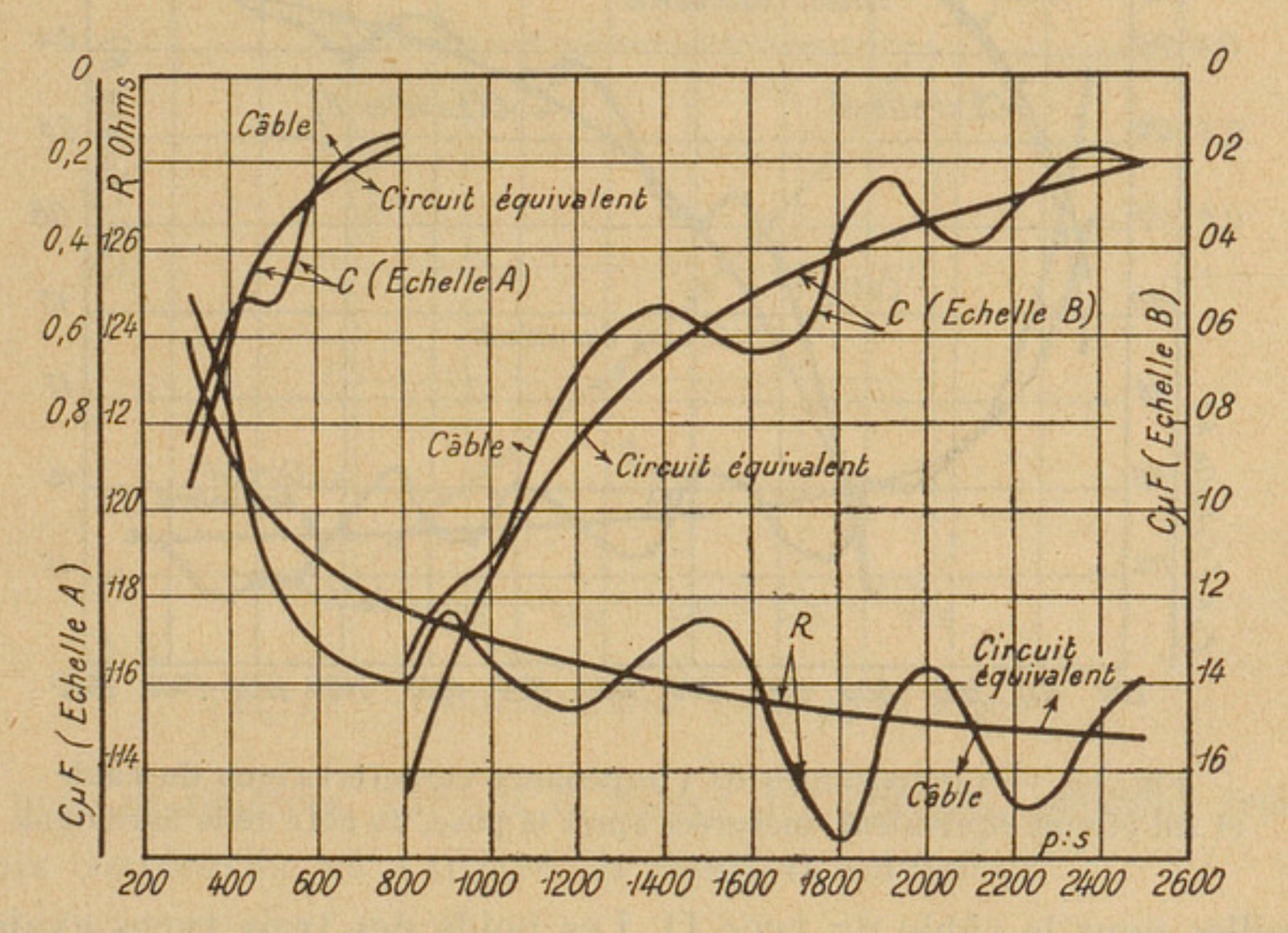


Fig. 12. — Composantes de l'impédance caractéristique du câble et du circuit équivalent, mesurées après la pose, du côté du continent.

procéda aux mesures électriques habituelles sur le tronçon ; enfin le joint final fut effectué et le câble lâché à la mer à 21h,3 le 28 avril 1932.

La pose put être exécutée dans les meilleures conditions, grâce à la préparation soignée des techniciens et à la collaboration diligente du commandant et des officiers de la « Città di Milano ».

Le mou avait été calculé en fonction de la profondeur de la mer, en admettant un module de sécurité égal à la moitié du module de rupture, pris égal au poids dans l'eau de 5500, 5000 et 12500 mètres de câble, respectivement pour les types A, B et D. (Le module ou longueur de rupture est donné par le rapport de la charge de rupture du câble au poids unitaire du câble dans l'eau.) On avait préparé les diagrammes de pose nécessaires (tension du dynamomètre en fonction de la profondeur, etc...) en tablant sur une vitesse de pose de 3 milles marins à l'heure pour le câble du type A, de 4,5 milles pour le câble du type B et de 6

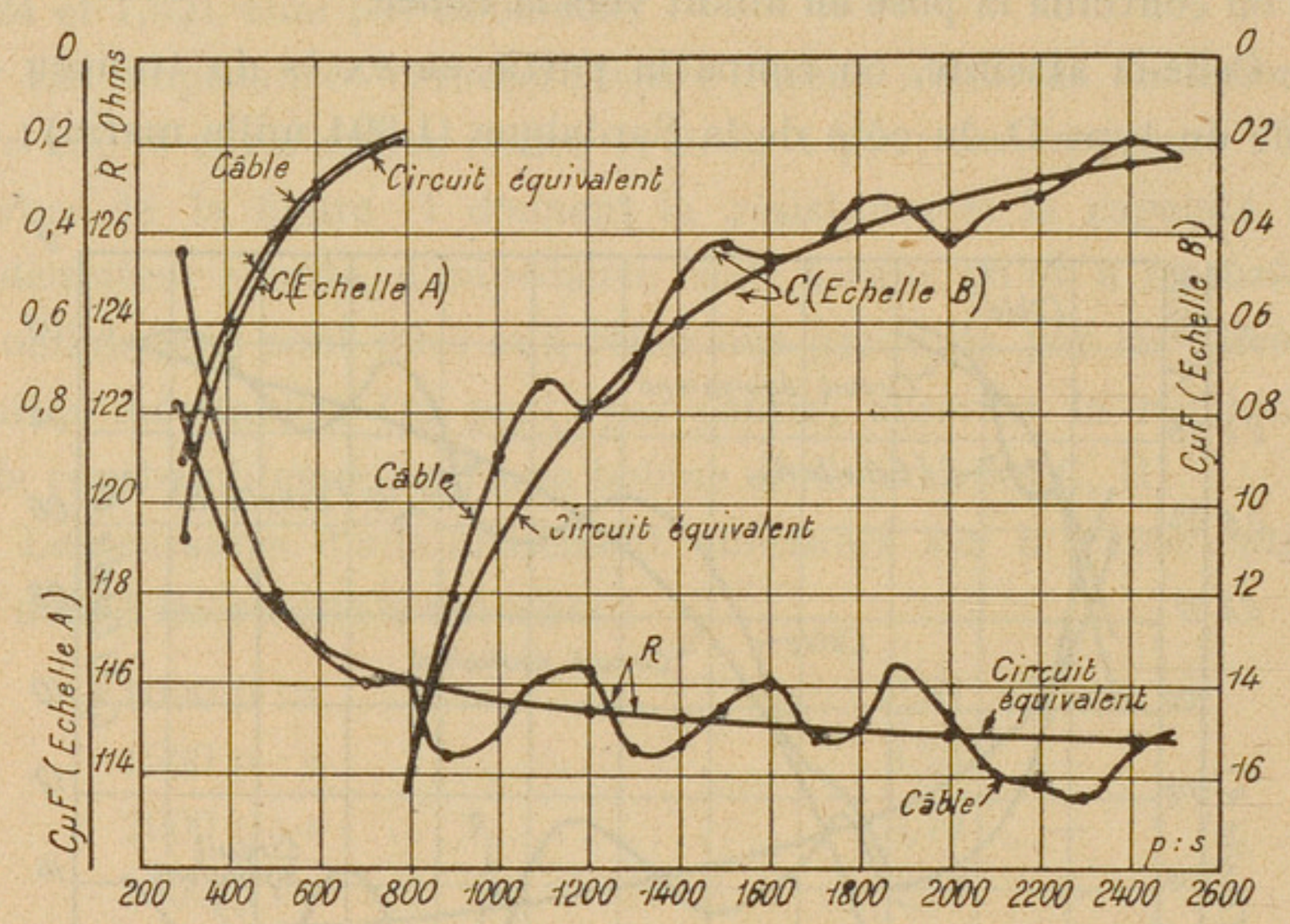


Fig. 13. — Composantes de l'impédance caractéristique du câble et du circuit équivalent, mesurées après la pose, du côté de la Sardaigne.

milles pour le câble du type D. Les poids des trois types avaient été pris respectivement de 4800, 2600 et 1183 kilos par kilomètre. Les valeurs des coefficients de frottement longitudinal avaient été prises égales à 53,37, 42,38 et 21,30, et celles de frottement transversal à 383,5, 304,6 et 184,5.

Le mou, qui était continuellement régularisé au moyen de l'appareil indicateur spécial installé à bord sur la machine de pose et au moyen de sondes électro-acoustiques, fut de 11,674 milles marins, soit environ 8,7 %. La profondeur moyenne de la

mer dans le trajet total du câble est de 1100 mètres ; la profondeur maximum rencontrée est de 2.100 mètres. Pendant la pose, le câble fut placé en observation constante, soit à son extrémité du bord, soit à son extrémité de terre, au moyen d'appareils électriques spéciaux.

Le matin, du jour qui suivit la fin de la pose, on exécuta les essais finaux en courant continu à partir de la guérite de la côte de Sardaigne ; on trouva les résultats suivants : isolement absolu : $113^{M\Omega},2$; capacités : $46^{\mu F},41$; résistance du conducteur principal : $420^{\Omega},5$.

4. Mesures effectuées depuis la pose. — Au cours des mesures de vérification en courant continu exécutées un mois après

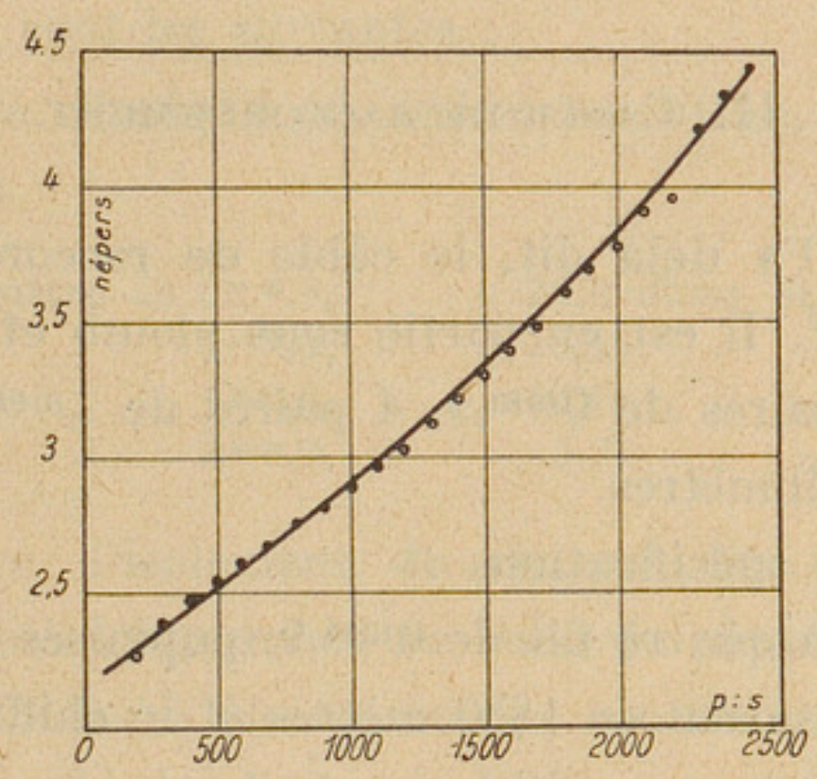


Fig. 14. — Affaiblissement total après la pose.

la pose et répétées, suivant le cahier des charges, pendant trois jours consécutifs, on a trouvé les résultats suivants :

Isolement absolu après une minute d'électrisation : $116^{M\Omega},7$, soit 17.012 mégohms par mille marin ;

Amélioration de l'isolement à la 20e minute : environ 35 % (comme en cours de construction) ;

Capacité du conducteur principal par rapport au conducteur de retour à la terre : $46^{\mu F},82$, soit $0^{\mu F},3212$ par mille marin ;

Résistance du conducteur principal : $420^{\Omega},6$ ohms, soit $2^{\Omega},885$ par mille marin (de cette valeur, comparée avec les résultats obtenus en cours de fabrication à 24° C, on déduit que la température de la mer le long du câble est d'environ 13° C) ;

Résistance du conducteur de terre isolé, du côté de la Sardaigne : $1^{\Omega},4$;

Résistance du conducteur de terre isolé, du côté du continent : $13^{\Omega},7$.

La figure 12 donne les courbes des impédances caractéristiques du câble à partir du continent et de la ligne artificielle d'équilibre spécialement étudiée pour le raccord du câble sous-marin au câble souterrain du côté de Rome. La figure 13 donne les courbes analogues relatives au côté de la Sardaigne. Pour ces dernières mesures, il n'était pas possible de se servir du pont employé pour les mesures analogues exécutées en cours de fabrication, l'extrémité lointaine n'étant pas accessible : les mesures furent faites par la détermination de l'impédance en circuit ouvert et en circuit fermé. Les variations rencontrées dans les valeurs de l'impédance avant et depuis la pose sont dûes principalement aux diverses conditions de pression auxquelles le câble a été soumis.

La figure 14 donne les affaiblissements depuis la pose.

III. Cable de raccordement.

Comme on l'a déjà dit, le câble de raccordement à Rome mesure $30^{km},927$. Il est en partie sous plomb et en partie armé, et contient 11 paires de $0^{mm},9$, 4 paires de $1^{mm},5$ sous écran et 4 paires de 2 millimètres.

En voici les spécifications :

deux circuits à quatre fils de $0^{mm},9$, pupinisés H 88 (H désigne le pas de pupinisation de 1830 mètres et le chiffre suivant la valeur de l'inductance en millihenrys), destinés aux circuits radiotéléphoniques continent—Sardaigne, l'un des deux circuits servant à doubler l'autre ;

quatre circuits à deux fils de $0^{mm},9$, pupinisés H 177, destinés aux circuits de service pour la guérite atterrissage et la station de T.S.F. ;

trois circuits de secours à deux fils de $0^{mm},9$, pupinisés H 177 ;

un circuit à quatre fils de $1^{mm},5$ sous écran et pupinisé H 88, pour la nouvelle communication téléphonique avec la Sardaigne ;

un circuit à quatre fils de $1^{mm},5$, sous écran et pupinisé H 88, prévu comme secours du circuit précédent et normalement utilisé pour la communication télégraphique infra-acous-

tique qui sera transmise sur le nouveau câble sous-marin ;

deux circuits à 2 fils de 2^{mm}, non pupinisés, destinés à la transmission par le câble de deux communications télégraphiques actuellement assurées par voie aérienne ;

deux circuits à deux fils de 2^{mm}, non pupinisés, comme secours pour les circuits télégraphiques.

Le câble de raccord du côté de la Sardaigne, de $1^{km},991$ de longueur, est constitué par 7 paires sous écran de $1^{mm},3$ de diamètre. En plus des câbles de raccord précédents, existe un câble de $1^{mm},3$, non pupinisé, pour la liaison du central « Viminal » de Rome au central télégraphique de San Silvestro. Il mesure $2^{km},672$.

Les caractéristiques électriques des câbles de raccord et de celui de jonction sont les suivantes :

La résistance ohmique en courant continu, à 15° C, a les valeurs suivantes :

pour un diamètre de	$0^{mm},9$,	28,3	ohms par kilomètre,
—	$1^{mm},3$,	13,55	— ,
—	$1^{mm},5$,	10,15	— ,
—	$2^{mm},0$,	5,71	— ,

La résistance d'isolement de chacun des conducteurs par rapport à tous les autres reliés au tube de plomb mis à la terre (mesurée avec une force électromotrice continue supérieure à 300 volts, après une minute d'électrisation) : supérieure ou égale à 10.000 mégohms par kilomètre à une température non inférieure à 15°.

La moyenne de la capacité mutuelle à 800 p : s entre les conducteurs d'une paire (tous les autres conducteurs et la gaîne de plomb étant mis à la terre) est, pour toutes les paires, à la température de 15°, de $0^{\mu F},0385$ par kilomètre, avec une tolérance de 10 % pour la paire non placée sous écran et de 12 % pour la paire placée sous écran.

La valeur moyenne, à 800 p : s, de la conductance mutuelle entre les deux conducteurs d'une paire (tous les autres conducteurs et la gaîne de plomb étant mis à la terre) est inférieure ou égale à 0,9 micromho par kilomètre, à 15° C.

Affaiblissement moyen kilomètrique :

DIAMÈTRE.	PUPINISATION.	AFFAIBLISSEMENT. à 800 p : s.	AFFAIBLISSEMENT. à 1900 p : s.
0mm,9	H 88	0,0250 neper	0,0260 neper
0 ,9	H 177	0,0187 —	0,0205 —
1 ,3	H 88	0,0139 —	0,0153 —
1 ,5	H 88	0,0100 —	0,0113 —
1 ,3	non pup.	0,0520 —	0,0750 —
2 ,0	non pup.	0,0251 —	0,0346 —

Fréquence limite :

Pupinisation H 88 : 4.000 p : s,
— H 177 : 2.860 p : s.

Impédance caractéristique :

Pupinisation H 88 : 1.120 ohms,
— H 177 : 1.590 ohms.

Diaphonie : L'affaiblissement de diaphonie, mesuré en bout de câble, est, pour le circuit qui n'est pas sous écran, supérieur à 8,5 népers et pour les circuits sous écran, soit entre eux, soit entre l'un d'eux et un circuit non sous écran, supérieur à 11 népers.

Congrès international d'électricité de 1932.

TRAVAUX DE LA HUITIÈME SECTION (TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR FIL), [1]

par V. GAVRONSKI et J. ROUSSINOV.

Voici en quels termes sont résumés les travaux de cette section dans le discours prononcé par M. Paul Janet, président du congrès international d'électricité, à l'assemblée plénière de clôture, le 12 juillet 1932 :

« La huitième section (Télécommunications par fil), présidée par M. Milon, assisté de M. Drouët, vice-président, a reçu dix rapports et six communications.

« Les travaux de la section se sont poursuivis dans une atmosphère de cordialité et d'intimité, créée par les contacts fréquents qu'ont entre eux les téléphonistes et télégraphistes de tous les pays. Ils n'en apprécièrent que mieux l'occasion qui leur était offerte de passer en commun une revue d'ensemble de l'état actuel des principales questions qui se posent en matière de télécommunications et d'étudier les répercussions des unes sur les autres, alors que les problèmes qui sont à l'ordre du jour de leurs conférences internationales sont, en général, plus précis et plus limités.

« Les cinq séances ont été successivement présidées par MM. Damme (Pays-Bas), Hoepfner (Allemagne), Shreeve (Etats-Unis d'Amérique), Cohen (Grande-Bretagne), Küpfmüller (Allemagne). Outre la lecture résumée, et parfois accompagnée d'utiles précisions ou exemples, des divers rapports et communications, des discussions très intéressantes se sont engagées sur les points

---

1. Reproduction d'un article paru dans la *Revue générale de l'électricité* des 26 novembre et 3 décembre 1932.

suivants : caractéristiques générales des grands câbles téléphoniques transocéaniques en projet ; tendances nouvelles dans la construction des câbles téléphoniques, pupinisation très faible et stations de répéteurs rapprochées ; simplification de l'équipement de ces dernières ; substitution aussi générale que possible, dans les mesures relatives à la téléphonométrie, des méthodes objectives (appareils à lecture directe) aux méthodes subjectives (audition par des équipes d'opérateurs spécialisés) ; nouveaux procédés de protection du personnel contre les phénomènes d'induction dangereux ; comparaison des divers systèmes de téléphonie par courants porteurs sur les lignes d'énergie ; action possible sur les lignes de télécommunication et les postes de radiodiffusion ; champ d'action du système directeur et des systèmes analogues en téléphonie automatique, examen des divers cas possibles suivant l'étendue du réseau, la date de son équipement en automatique, etc...

« De plus, M. Cohen, à l'appui de son très remarquable rapport sur les mesures et essais spéciaux à la téléphonie, a pu montrer aux congressistes des appareils de mesure objective des bruits sur les lignes de télécommunications, qui viennent d'être mis au point au département de recherches du British Post Office. »

Le secrétariat de cette section fut assuré par M. Valensi, assisté de MM. Gavronski et Roussinov.

I. La téléphonie mondiale, ses problèmes et son avenir. — Rapport de Bancroft Gherardi et Frank B. Jewett. Ce rapport n° 6 (Etats-Unis d'Amérique) comporte quarante-trois pages de texte avec dix figures dans le texte.

Les auteurs considèrent dans ce rapport la téléphonie intercontinentale dont le développement a pour base celui de la radiotéléphonie, d'une part, et celui de la téléphonie continentale. Ils rappellent que le premier pas en vue de surmonter la difficulté que présentent les transmissions à travers les océans fut fait en 1891, par la pose du premier câble téléphonique sous-marin entre Douvres et Calais. L'exposé de l'état actuel des liaisons téléphoniques existantes et de celles projetées est suivi de l'examen des problèmes et limitations techniques dans les deux cas de l'utilisation des

liaisons radiophoniques et de celle des circuits métalliques.

1. *Problèmes et limitations techniques.* — 1° Liaisons radiophoniques. — Les bandes de fréquences adoptées pour ces liaisons sont au nombre de deux : l'une entre 15.000 et 100.000 p : s ; l'autre entre 6 millions et 25 millions de périodes par seconde. Les ondes longues, correspondant à la première bande de fréquences ne peuvent, théoriquement, procurer plus de vingt voies téléphoniques entre deux points quelconques. L'emploi de deux liaisons de même fréquence porteuse en deux points différents de la surface du Globe semble être impossible à cause du faible affaiblissement des ondes longues. Ces ondes ne donnent un bon résultat que dans les régions très éloignées de la zone équatoriale et ceci, avec une grande puissance à l'émission, afin que soient évitées les perturbations d'origine atmosphérique dont les fréquences sont comprises dans la bande utilisée par les ondes longues. Les ondes courtes permettent de réaliser, théoriquement, cinquante liaisons téléphoniques. Pratiquement ce nombre est plus grand, parce qu'il est possible d'utiliser la même fréquence porteuse pour différents circuits à ondes courtes dans diverses parties du monde. La transmission des ondes courtes est particulièrement favorable dans les zones équatoriales ; son inconvénient principal est l'absence de stabilité (phénomène d'évanouissement). Les circuits radiophoniques, aussi bien à ondes courtes « qu'à ondes longues, exigent des dispositifs spéciaux pour assurer le secret de la conversation.

2° Liaisons par circuits métalliques. — Ces liaisons sont encore toutes à l'état de projet. Les circuits métalliques offrent de nombreux avantages que ne présentent pas les circuits radiophoniques, à savoir notamment la stabilité et le secret de conversation. Les projets envisagent la construction d'un câble transatlantique, sans ou avec répéteurs intermédiaires. Les auteurs indiquent les difficultés inhérentes à chacune de ces deux solutions, en soulignant la difficulté de construction mécanique des câbles de grand fond, qui doivent supporter des pressions très élevées. Ils étudient ensuite les divers tracés envisagés pour la pose de ces câbles et soulèvent la question de l'emplacement des répéteurs (stations des répéteurs flottantes ou immergées dans l'eau).

2. *Problèmes d'exploitation et commerciaux.* — Ces problèmes sont notamment les différences d'heures et de langages dans différentes régions du Globe terrestre. Leur solution ne peut résulter que d'un accord sur les règles d'exploitation et les usages commerciaux entre toutes les administrations de téléphones intéressées. Dans leurs conclusions, les auteurs indiquent les services immenses rendus par le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance qui a mené rapidement à bien les travaux de coordination technique et commerciale, lesquels ont permis d'envisager la réalisation de la téléphonie mondiale.

Discussion. — MM. Hoepfner et Cohen font ressortir les difficultés de réalisation d'un câble transatlantique. Ces difficultés sont si grandes, que cette réalisation atteint la limite des possibilités techniques. Mais, en tenant compte qu'un tel câble permettra d'éviter les principaux inconvénients des circuits radiophoniques, les efforts dépensés restent justifiés. Il sera peut-être possible de réaliser et de poser un câble transatlantique à un seul conducteur après avoir mis au point des revêtements très résistants et après avoir étudié les moyens de remédier à tous les obstacles que l'on puisse rencontrer sur les différents trajets.

M. K.-W. Wagner fait savoir qu'il a étudié avec M. Zapf la question d'un câble à isolement d'air et du papier pouvant résister à de très grandes pressions. Il indique la nécessité d'utiliser comme isolant une substance ayant une constante diélectrique aussi petite que possible.

II. Circuits téléphoniques à grande distance en câble. — Rapport de A. B. Clark et H.S. Osborne. Ce rapport n° 2 (Etats-Unis d'Amérique) comporte trente-deux pages de texte avec sept figures dans le texte et cinq tableaux.

Au début de ce rapport, sont rappelées les diverses étapes du développement du réseau des câbles téléphoniques aux Etats-Unis d'Amérique. Les câbles employés sont exclusivement des câbles à quartes, système Sieselhorst-Martin, sauf pour les circuits destinés aux relais des émissions radiophoniques.

Dans le tableau I, sont consignées quelques valeurs numériques caractérisant les circuits téléphoniques en câbles des Etats-Unis d'Amérique ; il semble qu'en s'écartant de ces valeurs on ne puisse pas obtenir de grands avantages économiques.

TABLEAU I.

Caractéristiques des circuits interurbains en câble, munis de répéteurs (diamètre des conducteurs : $0^{mm},9$).

	A deux fils :				A quatre fils :	
	réel.		fantôme.		réel.	fantôme.
Charge en millihenrys	88		50		44	25
Capacité linéique, en microfarads par kilomètre	0,038		0,062		0,038	0,062
Pas de pupinisation, en mètres	915	1.830	915	1.830	1.830	1.830
Impédance caractéristique à 1.000 p : s, en ohms	1.560	1.120	930	670	800	450
Affaiblissement linéique à 1.000 p : s et à 55° F, en décibels par kilomètre	0,17	0,22	0,15	0,19	0,30	0,25
Vitesse nominale de propagation, en kilomètres par seconde	16.000	23.000	17.000	24.000	31.500	33.000
Fréquence de coupure, en périodes par seconde	5.600	4.000	5.900	4.200	5.600	5.900

Les répéteurs sont distants de 80 kilomètres environ ; leur gain est déterminé par les conditions de la transmission. Dans les circuits à quatre fils, les niveaux maxima sont déterminés par la condition que les répéteurs et les bobines Pupin transmettent les ondes vocales sans distorsion et les niveaux minima, par la considération des bruits. Les niveaux maxima et minima sont respectivement + 10 et — 24 décibels, le niveau O étant pris à l'origine du circuit. Dans les circuits à deux fils ce sont les conditions relatives à la diaphonie, à l'amorçage d'oscillations et à l'écho qui déterminent le gain des répéteurs. Pour les circuits à deux fils, il est, en outre, très important d'avoir une impédance variant peu avec la fréquence (les écarts doivent être de l'ordre de 1,5 pour 100). Dans les circuits

à quatre fils, l'effet des irrégularités d'impédance n'est pas très grave ; mais, par contre, il faut nécessairement prendre en considération l'effet de la distorsion de phase, dû à la différence entre les vitesses de propagation de diverses fréquences ; ce dernier effet peut être négligé dans les circuits à deux fils, qui sont relativement courts. On réduit la distorsion de phase en insérant dans la ligne des réseaux artificiels dits « compensateurs de phase », qui introduisent une distorsion de phase inverse à celle de la ligne.

En ce qui concerne les phénomènes de la diaphonie, de l'écho et de l'amorçage d'oscillations, ils sont d'autant moins accentués que la perte de puissance (et non l'affaiblissement) dans la ligne est plus grande. La perte de puissance minimum (appelée perte « nette » de puissance) pour laquelle aucun de ces phénomènes ne dépasse la valeur imposée est fixée par le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance à 11,3 décibels pour les circuits à deux fils et à 9,6 décibels pour les circuits à quatre fils. Pour limiter ces phénomènes dans les câbles on prend grand soin de séparer les uns des autres les circuits d'aller et les circuits de retour, de réaliser les permutations systématiques des circuits et de compenser les déséquilibres des capacités entre les circuits par des condensateurs additionnels. Le phénomène d'écho, qui constitue un facteur important de la réduction de la qualité de transmission sur les circuits à quatre fils est éliminé au moyen des suppresseurs d'écho.

Pour obtenir une bonne qualité de transmission, les circuits téléphoniques doivent satisfaire aux conditions imposées aux Etats-Unis d'Amérique par le Bell system et en Europe par le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance. Ces conditions sont résumées dans le tableau II. (V. p. 439).

Ces spécifications s'entendent pour des circuits téléphoniques en câbles de 3000 kilomètres de longueur au plus. Or le développement du service téléphonique exige que l'on envisage les liaisons téléphoniques par câble à des distances plus grandes. Afin de conserver une qualité de transmission admissible, des conditions plus sévères que celles admises actuellement doivent être imposées ;

les suppresseurs d'écho doivent être plus efficaces, la distorsion de phase et le temps de propagation, plus faibles et finalement la qualité des circuits eux-mêmes doit être améliorée. Toutes ces condi-

TABLEAU II.

Conditions imposées aux circuits téléphoniques interurbains en câbles au point de vue de la transmission

	BELL SYSTEM.	COMITÉ consultatif international des communications téléphoniques à grande distance.
Bande des fréquences effectivement transmises, en périodes par seconde .	250 à 2.750	300 à 2.400
Perte réelle maximum de puissance entre les deux abonnés, en décibels . .	31 à 39	35 à 39,3
Distorsion de phase : la période transitoire maximum admissible (1), en millisecondes	20	30
Marge au point de vue d'amorçage d'oscillations, en décibels	(circuit à 4 fils) 10	(circuit à 2 fils) 6,8 (circuit à 4 fils) 9,0
Affaiblissement de diaphonie, en décibels.	60	54
Temps de propagation maximum, en millisecondes.	250	250

1. La période transitoire est la différence entre le temps de propagation de la fréquence maximum effectivement transmise et celui de la fréquence de 1 000 périodes par seconde (Bell system) ou 800 périodes par seconde (Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance).

tions exigent une régularité et une uniformité des circuits en câble, une charge aussi légère que possible, de sorte que le réseau téléphonique futur en câble changera probablement beaucoup son aspect actuel.

III. Perfectionnements techniques de la téléphonie à grande distance par câbles. — Communication de P.-E. Erikson. Cette

communication n° 2-C-1 (Grande-Bretagne) comporte douze pages de texte.

Les principaux perfectionnements techniques apportés dans la téléphonie à grande distance par câbles ont permis d'augmenter la portée des communications et d'améliorer la qualité de la transmission. Les communications téléphoniques à grande distance ont exigé une normalisation et une spécification des caractéristiques des circuits ainsi qu'une réalisation des étalons.

Discussion. — M. Cohen estime que la mise au point d'appareils de plus en plus simples a favorisé le développement de la téléphonie à courants porteurs. Or, la téléphonie à courants porteurs nécessite l'emploi de câbles à charge très légère ; comme exemple, M. Cohen cite le câble télégraphique de Londres à Glasgow, qui se prête aux liaisons téléphoniques à courants porteurs, parce que sa fréquence de coupure est 6.000 p : s. M. Cohen annonce que les essais effectués en Grande-Bretagne ont montré que dans le cas d'emploi de suppresseurs d'écho à lampes, la distance entre deux de ces suppresseurs d'écho peut être plus grande que celle recommandée par le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance et qui correspond à un temps de propagation de 0,1 s ; la question se pose de savoir si dans le cas de suppresseurs d'écho à relais on obtient des résultats analogues. M. Shreeve indique alors que les essais effectués aux Etats-Unis d'Amérique, aussi bien avec les suppresseurs à lampes qu'avec ceux à relais, ont conduit à la limite de 0,1 s. La différence entre les résultats obtenus en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis d'Amérique peut s'expliquer par le fait que dans ce pays les essais ont été faits non seulement par des ingénieurs spécialisés, comme en Grande-Bretagne, mais aussi par de simples agents. M. Hoepfner indique qu'en Allemagne on a obtenu sensiblement les mêmes résultats qu'en Grande-Bretagne et que les limites indiquées pour l'espacement des suppresseurs d'écho ont été fixées seulement à titre provisoire, car tout dépend du mode de construction des suppresseurs d'écho. M. K. W. Wagner estime que les lignes pupinisées présentent un grand nombre d'inconvénients résultant de leur non homogénéité (phénomènes transitoires, distorsion non linéaire, irrégularités de la

capacité ou de l'espacement des bobines). Estimant que les conditions idéales de la transmission sont celles que remplit une ligne homogène, M. Wagner a étudié, il y a six ou sept ans, la possibilité d'utiliser pour les communications téléphoniques les câbles non pupinisés ; mais à l'époque cette solution ne semblait pas être économique.

IV. Mesures et essais spéciaux à la téléphonie. — Rapport de B. S. Cohen. Ce rapport n° 1 (Grande-Bretagne) comporte cinquante-cinq pages de texte avec vingt-quatre figures dans le texte.

Dans ce rapport l'auteur décrit d'abord le « système fondamental de référence pour la transmission téléphonique », qui permet de reproduire, aussi exactement que possible, les conditions pratiques de la transmission et qui constitue la réalisation matérielle d'un étalon international pour les mesures de volume et de netteté. Il étudie ensuite divers modes d'étalonnage. A ce sujet sont décrits des oreilles artificielles, des dispositifs d'enregistrement de la courbe caractéristique de l'amplitude de vibration, en fonction de la fréquence, et des indicateurs de volume, qui peuvent donner, suivant leur construction, les valeurs des impulsions vocales moyennes ou maxima. L'auteur mentionne ensuite les mesures de netteté qui permettent de déterminer la qualité de transmission sur un circuit téléphonique. La qualité de la transmission dépend des facteurs dont l'effet n'est pas facile à déterminer et à exprimer. Ainsi, la réduction de la bande des fréquences effectivement transmises, les bruits, la diaphonie, l'écho, l'effet local, peuvent contribuer à la réduction de la qualité de la transmission. Il existe des appareils en vue de la détermination de l'effet de certains de ces facteurs ; ces appareils sont décrits dans le rapport, ainsi qu'une méthode d'appréciation de la réduction de la qualité de transmission. La possibilité d'utiliser les dispositifs remplaçant la voix et l'oreille humaines dans des mesures téléphonomètriques est discutée. Ensuite sont examinés les méthodes et appareils de mesure de gains, d'affaiblissements ou de niveaux. On a pu établir des appareils à lecture directe pour la détermination des niveaux, ainsi que pour celle du temps de propagation sur un circuit. La méthode auditive de mesures

de diaphonie, bien que très sensible, surtout avec le pont en courant alternatif, tend à être remplacée par des appareils à lecture directe, qui permettent de lire directement en décibels les valeurs d'affaiblissement de diaphonie. De même, des appareils à lecture directe ont été établis pour la mesure objective des bruits ; tous ces appareils comportent un réseau filtrant dont la caractéristique tient compte de la sensibilité de l'oreille aux diverses fréquences et des caractéristiques de transmission du récepteur téléphonique.

Discussion. — M. Küpfmüller fait remarquer que dans l'oreille artificielle décrite par M. Cohen, on n'a pas tenu compte des distorsions ; or, en Allemagne, bien qu'on ne cherche pas à reproduire la distorsion non linéaire, on tient compte pourtant de la distorsion d'affaiblissement, dont l'effet semble être très important pour les hautes fréquences.

M. Anson se plaît à constater que la méthode visuelle remplace partout la méthode auditive de mesures, cette dernière étant compliquée et dans beaucoup de cas, très peu précise. Sur une question posée par M. Chavasse, M. Cohen répond qu'entre les mesures de laboratoire et celles courantes effectuées soit par la méthode visuelle, soit par la méthode auditive, il existe, dans les résultats, une différence ne dépassant pas 2 décibels, ce qui représente la tolérance figurant dans les cahiers des charges. M. Cohen indique ensuite que la méthode visuelle de mesures de diaphonie présente des difficultés ; cette méthode est encore à l'étude en Grande-Bretagne.

V. Progrès accomplis dans l'étude de certains problèmes posés par la coexistence des lignes d'énergie électrique et des lignes de télécommunication. — Rapport de G.-L. Ollier. Ce rapport n° 8 (France) comporte trente-trois pages de texte avec dix figures dans le texte.

Dans ce rapport, l'auteur classe les perturbations provoquées par les lignes de transmission d'énergie dans les lignes de télécommunication en deux grandes catégories : les perturbations qui provoquent des accidents de personnes ou des détériorations du matériel (perturbations très intenses d'une durée généralement très brève) et les perturbations qui se traduisent par des bruits

parasites (perturbations plus faibles, mais plus durables). On étudie ensuite chaque catégorie de perturbations séparément.

1. *Questions relatives au danger.* — Pour apprécier les risques auxquels sont exposés les personnes et le matériel, il faut prendre en considération les trois facteurs principaux suivants : la nature et le mode d'exploitation de la ligne de transmission d'énergie électrique ; l'emplacement occupé par la ligne de télécommunication dans les champs magnétique et électrique engendrés par la ligne de transmission d'énergie ; la nature des dispositifs de protection, dont sont pourvues les installations de télécommunication.

L'influence exercée par les lignes de transmission d'énergie sur les lignes de télécommunication est d'origine à la fois électromagnétique et électrostatique. L'importance de chacun de ces deux effets dépend du mode d'exploitation du réseau de transmission d'énergie ; l'influence électrique prédomine si le point neutre du réseau est isolé. C'est au contraire l'induction magnétique qui l'emporte si le point neutre est relié au sol.

Dans les « Directives » du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, sont données des formules relatives à l'action du champ électrique, qui permettent de déterminer les grandeurs qui doivent être prises en considération et les limites qu'il convient de ne pas dépasser pour ces grandeurs.

L'auteur rappelle que les formules relatives à l'action du champ magnétique ont été établies par Pollaczek et Carson et que des expériences ont été effectuées par les soins de la Commission mixte internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines dans le but de vérifier les formules et de déterminer la conductibilité du sol.

L'auteur étudie ensuite les dispositifs spéciaux qui ont été établis pour protéger le personnel et le matériel contre les chocs acoustiques et décharges électriques. On peut distinguer les appareils limiteurs de tension proprement dits, ceux utilisant la lampe à trois électrodes, qui, grâce à sa saturation, ne transmet pas des tensions élevées ; ceux dans lesquels c'est l'onde perturbatrice

elle-même qui coupe ou shunte le circuit exposé au danger et enfin le protecteur à oxyde de cuivre.

2. *Questions relatives au bruit.* — L'étude complète de ces questions comporte l'établissement d'une méthode de mesure et la prédétermination de l'ampleur du bruit induit dans des conditions données. Les premières méthodes utilisées pour la mesure des bruits consistaient dans une comparaison à l'oreille du bruit à mesurer et d'un bruit de référence. Les résultats ainsi obtenus par divers opérateurs s'écartaient beaucoup l'un de l'autre. C'est pourquoi on a introduit une autre méthode de mesure basée sur la considération de la réduction, due aux bruits, de la netteté de la conversation. On a essayé de construire un appareil donnant une lecture en rapport avec cette réduction de netteté que comporte un réseau filtrant, tenant compte de la caractéristique de la sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence, ainsi que des caractéristiques des récepteurs téléphoniques ; ce réseau affecte des composantes du bruit de diverses fréquences de « poids », coefficients proportionnels aux effets perturbateurs de ces diverses fréquences au point de vue de la transmission téléphonique.

Discussion. — Un échange de vues eut lieu entre M. Küpfmüller et M. Ollier au sujet des difficultés que présente l'enregistrement de l'intensité du choc acoustique avant et après l'insertion du dispositif de protection ; le rapport entre ces deux intensités, exprimé en népers, donne « l'affaiblissement du choc » et peut servir comme mesure de l'efficacité d'un dispositif de protection contre les chocs acoustiques.

A la suite d'une question posée par M. Anson, M. Ollier répond que la perte de transmission causée par l'insertion des appareils de protection contre les chocs acoustiques le long de la ligne ne devrait pas être grande, les dispositifs de protection ayant une résistance de 8000 ohms et les postes téléphoniques des agents, 250 ohms environ ; cependant, cette façon de procéder n'est pas recommandable, parce que dans ce cas les courants d'appel seront mal transmis par la ligne ; on peut protéger individuellement chaque poste d'ouvrier des lignes. M. Drouët fait remarquer alors qu'il semble inutile de munir le poste d'ouvrier des lignes d'un dis-

positif de protection, parce que l'ouvrier ne porte pas un casque serre-tête et écarte instinctivement le microphone de l'oreille dans le cas d'un choc acoustique.

VI. Le déséquilibre de capacité dans les câbles téléphoniques et son influence sur les bruits dus aux inductions extérieures. — Communication de M. J. Collard. Cette communication n° 2-C-2 (Grande-Bretagne) comporte seize pages de texte avec trois figures dans le texte.

L'induction magnétique engendre des forces électromotrices sensiblement identiques dans tous les conducteurs d'un câble. Une tension de bruit, tension parasite, se traduisant par un bruit dans le circuit téléphonique ne peut, par conséquent, exister que par suite du déséquilibre entre les conducteurs. Jusqu'à présent, on a attribué ces déséquilibres à une dyssymétrie des capacités par rapport au sol, c'est-à-dire par rapport à l'ensemble de tous les autres conducteurs et l'enveloppe. Dans cette communication, l'auteur démontre théoriquement et prouve par les données expérimentales que les bruits induits sont dus aux déséquilibres des capacités partielles d'un circuit d'une couche de conducteurs par rapport aux couches voisines, ou par rapport à l'enveloppe. Il en conclut que les circuits des couches intérieures du câble sont moins affectés par les bruits que les circuits situés dans la couche extérieure. Les méthodes de mesure des déséquilibres sont ensuite discutées. L'auteur estime qu'avec les câbles modernes de qualité supérieure les valeurs habituellement obtenues pour la capacité partielle sont déjà suffisamment faibles pour éliminer les bruits dus aux interférences extérieures, de sorte que, sauf dans le cas de câbles particulièrement exposés, il n'est pas nécessaire de chercher à réduire ces déséquilibres.

VII. Utilisation des circuits téléphoniques pour des transmissions spéciales ; relais des émissions radiophoniques ; transmissions d'images ; communications collectives (conférence par téléphone). — Rapport de C. Hoepfner. Ce rapport n° 3 (Allemagne) comporte quarante-deux pages de texte avec vingt-cinq figures dans le texte.

La radiodiffusion impose aux circuits des conditions plus rigoureuses que la téléphonie ordinaire. Parmi ces conditions, en dehors de l'absence de toute perturbation, on peut citer : la possibilité de transmettre effectivement une bande de fréquences s'étendant de 50 à 6400 p : s au moins ; une distorsion d'affaiblissement et une distorsion de phase plus faibles pour toutes les fréquences comprises dans cette bande, ainsi qu'une plus faible distorsion non linéaire, même pour les valeurs des plus élevées de la puissance transmise ; une variation des volumes dans le rapport de 1 à 100 ; un rapport entre la tension utile maximum (pour le niveau relatif minimum de puissance), d'une part, et la tension de bruit ou de diaphonie, d'autre part, rapport qui soit au moins égal à 1000/1 et à 10/1 lorsque l'on compare la valeur minimum de la tension utile à la tension de bruit ou de diaphonie.

En se basant sur des exemples pratiques tirés des méthodes techniques appliquées aux Etats-Unis d'Amérique et en Allemagne, l'auteur indique comment on peut remplir ces conditions. Il étudie en premier lieu, la méthode spéciale de charge (pupinisation) des circuits équipés pour le relais des émissions radiophoniques, puis la question de savoir si la mise sous écran électrostatique de ces circuits est nécessaire ou superflue ; il traite également la question de la nature des répéteurs et celle des mesures à prendre pour réaliser la compensation de la distorsion d'affaiblissement et de la distorsion de phase, ainsi que pour diminuer la distance linéaire. Ensuite, il envisage les mesures à prendre pour surveiller les transmissions radiophoniques et les mesures électriques spéciales à effectuer sur les circuits relayant des émissions radiophoniques.

D'après les phénomènes constatés lors de la transmission d'images, l'auteur déduit les conditions que doivent remplir les circuits téléphoniques servant aux transmissions d'images, en ce qui concerne la bande des fréquences à transmettre ; la compensation de la distorsion d'affaiblissement et de la distorsion de phase ; l'absence des bruits parasites et des couplages par réaction ; l'auteur à déduit également quelle catégorie de circuits on peut employer en phototélégraphie.

En terminant, l'auteur étudie les difficultés rencontrées dans

l'établissement des liaisons pour communications collectives (conférences par téléphone), les conditions qu'exigent ces liaisons des circuits téléphoniques et les montages employés.

Discussion. — Après avoir exposé son rapport, M. Hoepfner décrit un exemple d'application des enregistreurs automatiques à l'étude de la distorsion non linéaire et de l'affaiblissement d'écho dans un câble.

M. Cohen fait savoir qu'en Angleterre on a installé, d'une façon permanente, un circuit pour les communications collectives entre le bureau de l'ingénieur en chef du British Post Office, à Londres, et la station des recherches à Dollis Hill.

Aux questions posées par M. Pagès et M. Cohen sur l'importance des basses fréquences entre 30 et 100 p : s, et des hautes fréquences au point de vue de la reproduction fidèle des sons émis par certains instruments de musique, M. Méyer répond que les essais effectués à l'Institut Henri Hertz ont montré que les fréquences comprises entre 30 et 50 p : s jouent un rôle très important en musique, en particulier, dans les sons émis par le piano, l'orgue, la contrebasse ; les hautes fréquences sont encore plus importantes que les basses fréquences ; elles donnent « la vie à la musique » ; les expériences faites avec deux haut-parleurs, dont l'un électrodynamique ne reproduisant pas les hautes fréquences et l'autre électrostatique reproduisant les fréquences allant jusqu'à 14000 p : s ont montré qu'en supprimant les hautes fréquences (haut-parleur électrodynamique) certains bruits, tels que le tintement des clés, perdaient tout leur caractère naturel. M. Küpfmüller fait observer que la bande des fréquences reproduites par les haut-parleurs des postes d'amateurs étant limitée, il ne semble pas nécessaire, pour le moment, de transmettre des fréquences inférieures à 50 p : s.

VIII. Télégraphie à courants porteurs. — A. *Les procédés modernes d'utilisation des câbles pour la télégraphie.* — Rapport de L.-J. Collet, Ce rapport n° 7 (France) comporte vingt-trois pages de texte avec trois figures dans le texte.

L'établissement de câbles spéciaux n'étant pas justifié par les besoins, la télégraphie utilise des câbles qui lui sont communs

avec la téléphonie. Mais cette coexistence impose certaines exigences pour qu'aucun bruit gênant ne soit perceptible au téléphone. Si l'on utilise des circuits télégraphiques ayant quelques conducteurs communs aux circuits téléphoniques, il faut assurer l'indépendance complète des deux exploitations.

Dans les premiers câbles à grande distance, on avait disposé, à l'usage de la télégraphie, un certain nombre de paires spéciales non chargées. Cette solution très peu avantageuse et ne tirant des paires du câble qu'un rendement médiocre fut rapidement abandonnée. Le principe de la combinaison est appliqué depuis fort longtemps en téléphonie et en télégraphie.

La télégraphie par courants porteurs de fréquences audibles emploie des circuits construits et équipés comme des circuits téléphoniques ordinaires.

L'idée de former les signaux télégraphiques en modulant des courants alternatifs de fréquences audibles utilisant plusieurs fréquences porteuses n'est pas nouvelle. En particulier, Mercadier et H. Magunna avaient mis au point à la fin du dernier siècle, un système fort intéressant dont les résultats furent satisfaisants. Ce système était caractérisé notamment par l'utilisation de diapasons pour la génération des courants porteurs, et par celle de plaques vibrantes accordées pour la réception sélective. Mais ce système exige des courants assez intenses et, à cette époque, on ne disposait d'aucun bon amplificateur de courants.

C'est grâce aux triodes que la télégraphie harmonique a pu renaître et se développer. Son principe est simple : plusieurs installations émettrices, caractérisées chacune par une fréquence distincte, sont montées en parallèle sur un même circuit. Au poste récepteur, des réseaux électriques sélectifs filtrent le courant que transmet la ligne et ne laissent parvenir à un détecteur que les courants de fréquence déterminée. Les courants détectés commandent un appareil télégraphique de la même manière que le font les courants de la ligne dans le cas de la télégraphie ordinaire.

Son débit total est considérable puisqu'on peut, par exemple, assurer la transmission simultanée de trente-six télégrammes entre

deux postes extrêmes de télégraphie harmonique. Les signaux reçus peuvent être renvoyés, immédiatement après détection, sur les circuits de prolongement.

M. Küpfmüller a énoncé la proposition suivante, extrêmement importante : la vitesse de transmission (par exemple, exprimée en bauds) permise sur un réseau électrique sélectif est proportionnelle à la largeur de la bande des fréquences transmises, lorsqu'on utilise une fréquence porteuse placée au milieu de cette bande.

Un accord international s'est fait relativement à un choix uniforme des fréquences porteuses à adopter.

Au cours de l'exploitation des câbles, il a été reconnu suffisant pour beaucoup de liaisons téléphoniques, d'assurer seulement la transmission fidèle des fréquences comprises entre 300 et 3000 p : s ; Or, certains circuits, légèrement chargés, permettent la transmission de fréquences plus élevées. Des essais sont donc entrepris pour aménager sur de tels circuits, en plus de la voie téléphonique normale, une ou plusieurs voies de télégraphie par courants porteurs, de fréquence supérieure à 3000 p : s. D'autre part, moyennant quelques dispositions particulières, on peut utiliser les mêmes conducteurs pour la télégraphie à courant porteur de basse fréquence ou à courant continu. Ces deux modes d'utilisation plus complète des câbles, appelés respectivement « télégraphie supra-acoustique » et télégraphie infra-acoustique », permettent le service d'appareils au moyen débit et se prêtent à l'établissement de liaisons de quelques centaines de kilomètres.

B. *Télégraphie infra-acoustique.* — Communication de R. Webb. Cette communication n° 7-C-2 (Grande-Bretagne) comporte quatorze pages de texte avec sept figures dans le texte.

L'auteur décrit deux méthodes permettant d'obtenir des circuits télégraphiques en utilisant les circuits téléphoniques sous câbles. Ces deux méthodes sont : 1° l'utilisation du circuit « superfantôme » (combiné du deuxième ordre fourni par deux quartes) ; 2° l'utilisation de filtres séparateurs grâce auxquels on peut faire fonctionner un circuit télégraphique sur chaque paire du câble.

Il est démontré dans cette communication que les circuits « superfantômes » fournissent le moyen le plus économique d'ob-

tenir un petit nombre de circuits télégraphiques. On peut obtenir ultérieurement d'autres circuits par la deuxième méthode, lorsque tous les groupes superfantômes sont utilisés.

C. *Nouveau système de télégraphie multiple à courants porteurs.* — Communication de T. Kajii et S. Matsumae. Cette communication n° 7-C (Japon) comporte douze pages de texte avec six figures dans le texte.

Les auteurs décrivent un dispositif désigné par eux sous le nom « d'amplifiltre » pouvant être utilisé pour la télégraphie harmonique. Il s'agit d'un amplificateur dans le circuit de plaque duquel sont intercalés un circuit résonnant L_1 C_1 et un circuit bouchon L_2 C_2 (fig. 1). Ces deux circuits sont accordés à une même fréquence

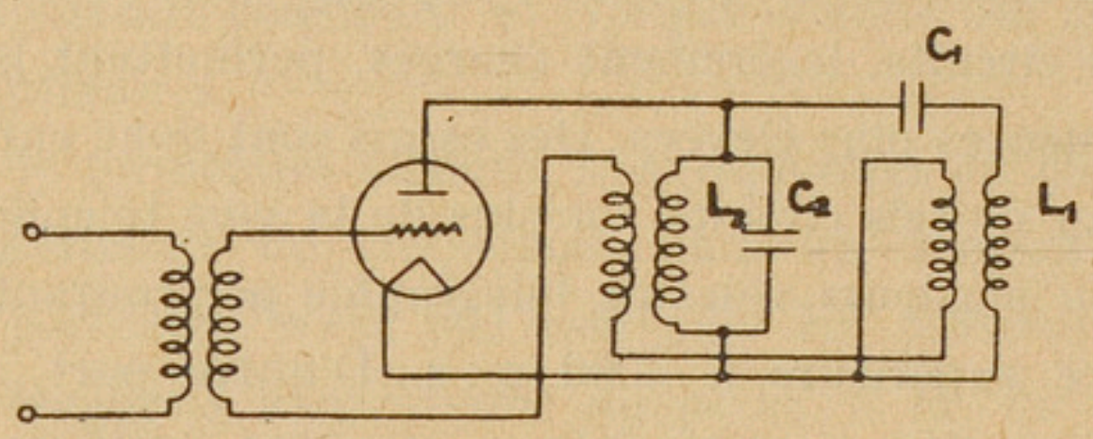


Fig. 1. — Schéma de principe de l'« amplifiltre » détecteur (type I).

et couplés avec le circuit d'entrée de façon à amplifier fortement le courant de la fréquence en question et à étouffer ceux d'autres fréquences. Le même appareil convenablement monté peut être utilisé, tantôt comme détecteur, tantôt comme oscillateur.

La sélectivité est maximum lorsque la tension aux bornes du transformateur du circuit résonnant est déphasé de $\frac{\pi}{2}$; on obtient ce déphasage en utilisant le montage représenté sur la figure 2.

D. *Discussion.* — M. Küpfmüller regrette l'absence des auteurs de cette dernière communication, auxquels il se proposait de de demander ce qu'ils voulaient dire en écrivant que, grâce à l'emploi de l'« amplifiltre », on peut à la fois augmenter la vitesse de transmission et diminuer la largeur de la bande des fréquences utilisée pour chaque voie. On sait qu'il existe une relation entre ces deux grandeurs et qu'on ne peut à la fois réduire la largeur des bandes de fréquences et augmenter la vitesse de transmission.

M. Valensi répond qu'il faut probablement entendre par cette affirmation que, contrairement à ce qui a lieu dans les filtres ordinaires se composant de plusieurs cellules, qui introduisent des phénomènes transitoires supplémentaires appréciables, les circuits des « amplifiltres » ne comportent que très peu d'éléments, et par suite, n'accroissent pas sensiblement les phénomènes transitoires du circuit.

M. Pagès indique qu'il utilise depuis assez longtemps déjà des montages semblables à ceux proposés par MM. Kajii et Matsumae.

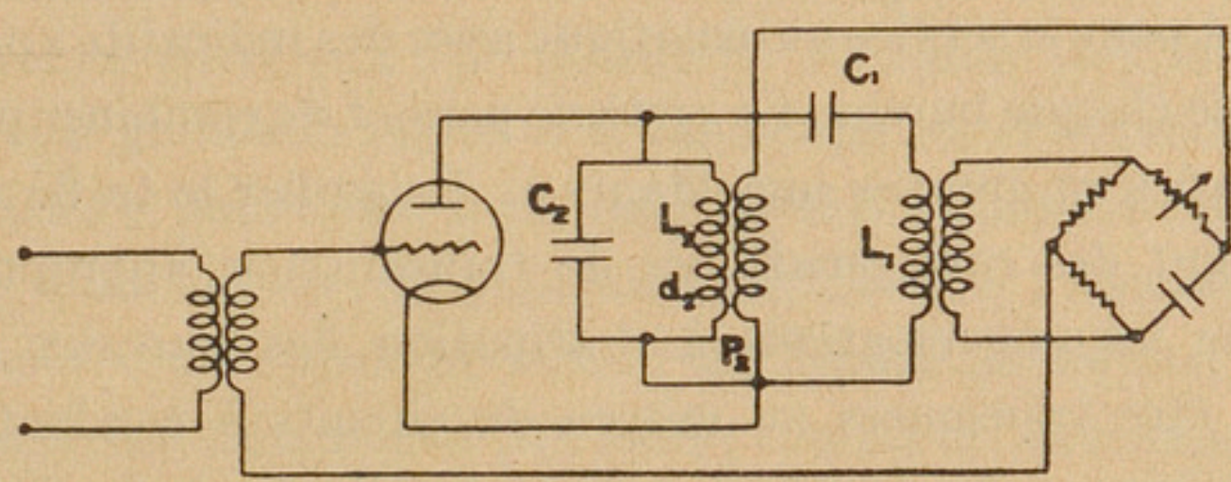


Fig. 2. — Schéma de montage de l' « amplifiltre » détecteur (type II) pour la sélectivité maximum.

Les résultats sont très satisfaisants, mais la relation indiquée par M. Küpfmüller est bien vérifiée également dans le cas des amplifiltres. M. Collet ayant signalé, dans son rapport, l'abandon des lampes triodes en télégraphie et leur remplacement par des redresseurs à oxyde de cuivre, M. Küpfmüller fait remarquer qu'avec des lampes à caractéristiques à courbure très prononcée on avait des résultats meilleurs qu'avec des détecteurs à oxyde de cuivre. Par conséquent, la tendance à utiliser les détecteurs à oxyde de cuivre, au lieu des lampes, n'est pas tout à fait justifiée. M. Collet répond que cette tendance s'explique par la plus grande simplicité de ces détecteurs ; mais, bien que les lampes soient plus compliquées, si elles donnent des résultats supérieurs, il est possible que dans l'avenir, on revienne à l'emploi de lampes.

IX. Téléphonie automatique. — A. *Récents progrès de la téléphonie automatique : son application au service téléphonique dans une grande ville.* — Rapport de B. O. Anson. Ce rapport n° 5 (Grande-

Bretagne), comporte 65 pages de texte avec 35 figures dans le texte. Ce rapport concerne les principes de la commutation automatique dans une grande ville dans laquelle il n'est pas possible de faire un transfert d'ensemble du manuel à l'automatique dans une courte période. L'auteur a décrit en détail les installations utilisées dans le système « pas à pas » employé à Londres. Ce système comporte l'emploi d'un appareil traducteur connu sous le nom de « directeur » permettant de changer certains chiffres envoyés par l'abonné en vue de la sélection des lignes de jonction. Il présente l'avantage de pouvoir utiliser un annuaire très commode à la fois pour le service manuel et pour le service automatique avec des indicatifs appropriés au nom de chaque bureau. Ce système permet de combiner plusieurs petits trafics en groupes importants et d'aiguiller le trafic vers des voies ayant des caractéristiques de transmission appropriées, de sorte que les conversations à destination des bureaux éloignés peuvent être transmises au moyen de circuits à conducteurs de gros diamètre ou de circuits pupinisés, tandis que le trafic à destination des bureaux voisins est écoulé au moyen de conducteurs de petit diamètre.

Il y a une zone étendue autour de Londres qui est desservie « sans attente » ; l'abonné n'a qu'à composer l'indicatif « tol ». D'autre part, on prend actuellement des dispositions pour introduire un service interurbain généralement sans attente étendu à toutes les localités du Royaume-Uni de Grande-Bretagne.

B. *Annexe au rapport n° 5 de M. B. O. Anson.* — Rapport de M. Petit. Ce rapport n° 5 (France) comporte vingt pages de texte avec sept figures dans le texte.

L'auteur traite de l'organisation et de l'exploitation des réseaux téléphoniques des grandes villes. L'organisation qui consiste à relier tous les bureaux deux à deux par des lignes directes est généralement appliquée dans les petits réseaux téléphoniques. Elle ne saurait convenir aux réseaux téléphoniques des grandes villes. C'est l'acheminement rigide imposé aux communications qui rend critiquable la méthode des centres de zone. C'est sur ce point que la méthode a été perfectionnée dans l'application qui en a été faite à Berlin sous le nom de méthode des centres nodaux.

La solution adoptée à Paris est très analogue à celles adoptées à Londres et à New York. Ces trois systèmes sont caractérisés par l'emploi des enregistreurs.

Les particularités principales du système Rotary avec enregistreurs traducteurs, appliqué à Paris, sont les suivantes : 1° emploi de l'entraînement mécanique par moteurs de type industriel pour la mise en marche des appareils de commutation, lors de la mise en communication et lors de la libération ; 2° emploi de la recherche continue sur les faisceaux de jonction intérieurs aux bureaux, ainsi que sur les faisceaux de lignes souterraines reliant les bureaux entre eux ; 3° possibilité d'utiliser des faisceaux de jonction à grande capacité et d'augmenter ainsi le rendement des jonctions ; 4° possibilité de changer aisément l'indicatif et par suite le nom d'un bureau ; 5° possibilité de changer l'itinéraire d'acheminement d'un appel du bureau de départ au bureau d'arrivée.

Le réseau de la région parisienne comporte des bureaux urbains compris dans les limites de la zone urbaine et reliée entre eux deux à deux par des lignes directes et des bureaux suburbains. En principe, ces bureaux ne sont pas reliés directement entre eux et n'ont aucune liaison directe avec les bureaux de la zone urbaine. Il existe quatre bureaux tandems appelés centres de transit, à savoir « Carnot », « Combat », « Diderot » et « Vaugirard », spécialisés pour l'écoulement des communications originaires des bureaux suburbains ou destinées à ces bureaux. Ces centres de transit sont situés dans les mêmes immeubles que les bureaux urbains de même nom, mais n'ont rien de commun avec ces derniers.

C. *Application de la téléphonie automatique au service interurbain.* — Rapport de M. Muri. Ce rapport n° 5 *bis* (Suisse) comporte trente huit pages de texte avec trente figures dans le texte.

Jusqu'à ce jour, la téléphonie automatique a été appliquée surtout dans le service local. Or, les expériences faites sont si satisfaisantes qu'on l'introduit presque partout dans le service interurbain, service qui a une grande analogie avec le service local, tant au point de vue de l'écoulement du trafic que de la conception du réseau. Grâce au service automatique, la structure du réseau interurbain devient plus économique et on évite les délais d'attente.

On dispose aujourd'hui déjà de tous les moyens techniques nécessaires pour grouper des régions entières dans un seul grand réseau automatique. Les projets prévoient que bientôt le trafic téléphonique d'un pays tout entier pourra s'écouler automatiquement. Il n'est pas impossible que le système de sélection numérique puisse, un jour, être appliqué dans le service international et que, dans ce domaine, on ait à faire face à des exigences dont tous les pays devraient tenir compte déjà au moment où ils introduisent le système automatique.

1. Systèmes de numérotation. — Alors que, dans le service automatique local, le numéro d'appel de l'abonné ne sert qu'à établir directement la communication, dans le service automatique interurbain, il a encore d'autres fonctions à remplir. C'est en le composant qu'on transmet aux sélecteurs le chiffre indicatif qui distingue une communication locale d'une communication interurbaine ; c'est aussi par son intermédiaire qu'on indique aux dispositifs de comptage la taxe à mettre en compte, lorsqu'il s'agit d'une communication interurbaine.

2. Systèmes de transmission des impulsions. — Lorsque le trafic interurbain automatique emprunte des tronçons de câbles interurbains qui sont coûteux, on ne peut plus, pour des raisons techniques et économiques, transmettre les impulsions au moyen du courant continu, comme dans un service local ; on utilise alors les systèmes suivants :

1° la transmission inductive par courant continu ; ces impulsions transmises par induction actionnent un relais polarisé ; 2° la transmission par courant alternatif à 50 p : s ; les lignes munies de répéteurs intermédiaires doivent être équipées de translateurs à relais permettant aux impulsions de contourner les répéteurs, le courant alternatif à 50 p : s étant presque entièrement arrêté par ces derniers ; 3° la transmission des impulsions par fréquences audibles ; on intercale aux deux extrémités des lignes interurbaines des répéteurs d'impulsions qui sont généralement munis de filtres. Dans les premières installations, on utilisait le courant alternatif à 500 p : s. La Standard electric corporation utilise un système à quatre fréquences.

La possibilité de commander des sélecteurs à des distances presque illimitées au moyen des fréquences audibles font de ce système le système de sélection interurbaine de l'avenir.

D. *Le rôle des installations semi-automatiques temporaires au cours de la transformation du réseau de Paris en automatique intégral.* — Communication de A. Damoiseaux, R. de Lanouvelle et S. Scruby. Cette communication n° 5-C (France) comporte quatorze pages de texte avec douze figures dans le texte.

La transformation en automatique intégral d'un grand réseau téléphonique comme celui de Paris et de ses environs nécessite des travaux importants qui s'étendent sur quelques années. Pendant cette période transitoire, la coexistence dans le même réseau des bureaux automatiques et des bureaux manuels posait un problème qui pouvait être résolu de plusieurs façons.

L'administration française des Téléphones s'est appliquée à rechercher la solution qui présentait le maximum de commodité pour les abonnés et le minimum de dépenses pour l'exploitation.

E. *Système automatique rural.* — Communication de W. Hatton. Cette communication n° 5-C-2 (France) comporte douze pages de texte avec deux figures dans le texte.

Ce rapport est divisé en quatre parties intitulées respectivement : comptage ; diagramme de jonction ; influence de l'enregistreur sur la répétition des impulsions ; communications avec les réseaux urbains.

F. *Discussion.* — M. Goherel demande à M. Anson si à Londres, à cause des grandes distances, on n'est pas obligé de relier le bureau tandem aux autres bureaux automatiques par des lignes pupinisées et si l'on utilise comme courant d'appel le courant continu ou le courant alternatif de basse fréquence. M. Anson répond que les lignes utilisées sont des lignes ordinaires et le courant d'appel est le courant continu.

M. Crawford demande s'il est avantageux d'utiliser le système directeur dans les villes qui, tout en n'ayant pas l'importance de Londres, sont cependant très grandes (1.000.000 habitants, 20 000 postes). Il fait observer qu'en Australie, on a fait des essais de la téléphonie automatique à Melbourne et à Sydney où la zone auto-

matique s'étend sur 24 kilomètres et on a trouvé que le temps n'est pas encore venu pour appliquer le système avec traducteur. Le système sans traduction donne toute satisfaction, bien qu'il nécessite, dans ces conditions, une numérotation avec six chiffres. On a trouvé que le système semi-automatique était à rejeter dans le cas des villes d'importance moyenne telles que Adélaïde en Australie. M. Crawford désire savoir si ce sont surtout des difficultés d'ordre technique qui ont fait abandonner le comptage multiple pour des distances supérieures à 16 kilomètres à Londres ; en Australie, il existe une tendance à augmenter la longueur des liaisons directes, exploitées sans attente ; on a réalisé un tel service rapide jusqu'à 400 kilomètres. Est-ce que la même tendance se manifeste aussi en Grande-Bretagne ?

M. Anson répond qu'il est impossible de se prononcer d'une façon générale sur l'opportunité de l'emploi du système directeur. A Londres, on a appliqué ce système surtout pour pouvoir utiliser les lignes et les installations existantes dont l'état était encore très satisfaisant. Une autre raison pour l'emploi du système directeur était la possibilité qu'offre ce système de donner à certaines communications une qualité de transmission supérieure aux autres. Ce système permet, en outre, de grouper des lignes en faisceaux, ce qui améliore leur rendement individuel. Tous ces facteurs sont à considérer lorsqu'on étudie l'opportunité de l'emploi du système directeur dans chaque cas particulier. Le comptage multiple nécessite une modification des sélecteurs qui n'étaient pas justifiée pour la zone urbaine de Londres. On se propose d'établir sur tout le territoire de la Grande-Bretagne le service sans attente.

M. Hoepfner constate qu'en Allemagne et même à Berlin, on n'a pas utilisé le système avec traduction et que cependant on n'a éprouvé aucun inconvénient avec le système simple sans traduction. M. Anson répond que le système directeur était appliqué à Londres, car il tenait mieux compte de l'état actuel du réseau téléphonique et était plus approprié pour la période transitoire. Il considère que dans le cas d'un réseau déjà automatique, il est inutile d'introduire le système directeur.

M. di Pace fait observer qu'un système analogue à celui de

Londres a été appliqué par l'administration française des Téléphones dans la région de Lille, Roubaix et Tourcoing, parce qu'on a pu ainsi réaliser des économies importantes au point de vue des circuits, grâce à la souplesse des enregistreurs traducteurs.

M. Grinsted demande si, en améliorant la qualité des postes et des lignes d'abonnés, on ne pourrait pas diminuer le nombre des bureaux centraux et réaliser ainsi une économie. M. Anson répond que l'on peut réaliser des économies. En améliorant la qualité des lignes et des postes de la zone périphérique, on améliorerait la qualité de la transmission, mais on ne réaliserait pas d'économies appréciables.

M. Milon fait observer que, théoriquement, il n'y a pas de différence entre le système où les appels sont perdus et celui où les appels sont emmagasinés. Mais, en se plaçant au point de vue des abonnés, le système des appels emmagasinés doit être préféré.

X. Téléphonie par courants porteurs. — A. *Application des hautes fréquences aux lignes téléphoniques.* — Rapport de M. Küpfmüller. Ce rapport n° 4 (Allemagne) comporte cinquante-deux pages de texte avec quarante quatre figures dans le texte.

La téléphonie à courants porteurs sur les lignes constitue aujourd'hui une partie importante de la technique des communications électriques.

1. Téléphonie à courants porteurs sur des lignes aériennes en fils nus. — Ce sont ces lignes qui constituent le principal champ d'application de ce mode de téléphonie. Tous les systèmes de téléphonie à courants porteurs utilisés aujourd'hui ont en commun les principes suivants : 1° on utilise pour transmettre la parole le procédé à bande latérale de modulation unique. Son avantage principal par rapport aux procédés dans lesquels les deux bandes latérales sont transmises est, on le sait, la possibilité d'avoir un plus grand nombre de voies indépendantes dans une bande de fréquences donnée ; 2° on utilise des bandes de fréquences différentes pour les deux sens de conversation. Les voies utilisées pour les deux sens de conversation sont connectées ensemble d'après le schéma de montage d'un circuit à quatre fils. On peut, dans ce cas, avoir

des affaiblissements relativement grands (environ 3 à 5 népers), ce qui permet de placer des répéteurs intermédiaires de la téléphonie à courants porteurs aux mêmes intervalles, c'est-à-dire dans les mêmes stations que les répéteurs à basse fréquence pour les circuits semblables ; 3° toutes les voies servant à la conversation dans un même sens sont réunies en un seul groupe. Il en résulte une simplification des appareils, en particulier des répéteurs intermédiaires, car on peut amplifier ensemble toutes les voies de même sens. En outre, on peut de cette manière éviter la diaphonie entre les circuits voisins ; 4° on utilise la bande de fréquences comprise entre 6000 et 40 000 p : s. Dans cette bande, on réalise trois liaisons complètes à courants porteurs, avec six voies en tout. La moitié supérieure de la bande sert à la conversation dans un sens et la moitié inférieure, à la conversation dans l'autre sens.

Afin d'utiliser au maximum possible la puissance des lampes amplificatrices, on s'efforce d'éviter la transmission du courant porteur lui-même. Afin que la distorsion non linéaire ne soit pas nuisible, le taux de modulation ne doit pas dépasser 40 à 60 %. L'amplitude du courant porteur est donc trois à cinq fois plus grande que l'amplitude du courant de la bande latérale de modulation ; cela signifie que la puissance des lampes amplificatrices doit être neuf à vingt-cinq fois plus grande qu'il ne serait nécessaire pour les courants de la bande latérale elle-même. Pour cette raison, la suppression du courant porteur permet une utilisation meilleure des lampes.

Le principe de la suppression du courant porteur est appliqué d'une manière intégrale dans les appareils établis par le Bell system. On ne transmet avec ces appareils qu'une seule bande latérale de modulation, afin d'utiliser le mieux possible les lampes amplificatrices. Toutefois, on est obligé de reproduire de nouveau le courant porteur au poste récepteur, de sorte qu'une très grande stabilité de fréquence est nécessaire. Dans un système téléphonique à courant porteur mis au point récemment par la Siemens und Halske Aktien-Gesellschaft, on affaiblit le courant porteur dans une proportion déterminée (environ de 2 népers), de sorte que le courant porteur ne prend qu'une faible fraction de la puissance utilisée par

la bande latérale de modulation transmise. Ce courant porteur résiduel est transmis en même temps que les courants de la bande latérale au poste récepteur ; il est amplifié de nouveau au moyen d'un amplificateur sélectif et l'on n'a donc pas besoin des oscillateurs à grande stabilité de fréquence qui sont nécessaires dans le procédé à suppression complète du courant porteur.

L'American telephone and telegraph company utilise sur ses lignes à grande distance la disposition suivante des conducteurs et des circuits ; il y a sur les appuis de la ligne quatre traverses horizontales l'une au dessus de l'autre avec chacune cinq circuits bifilaires, soit vingt circuits en tout utilisés comme il suit : 1° sur chaque conducteur, télégraphie infra-acoustique : quarante liaisons télégraphiques ; 2° sur les quatre circuits du milieu, dix voies télégraphiques à courants porteurs à circuit : quarante liaisons télégraphiques ; 3° sur chaque circuit, une liaison téléphonique à basse fréquence : vingt liaisons téléphoniques ; 4° sur les quatre circuits réels du milieu, deux circuits fantômes : deux liaisons téléphoniques ; 5° sur les seize autres circuits, trois liaisons téléphoniques à courants porteurs par circuit : quarante-huit liaisons téléphoniques.

Au total, on a donc quatre-vingts liaisons télégraphiques et soixante-dix liaisons téléphoniques avec vingt circuits.

Pour les lignes à plus faible trafic, on a mis au point au cours de ces dernières années des systèmes plus simples dans lesquels sur chaque circuit une seule conversation à courant porteur s'écoule en même temps que la conversation à basse fréquence.

2. Téléphone à courants porteurs sur des lignes en câbles isolés. — Jusqu'à maintenant, on n'a utilisé des circuits à courants porteurs que dans les câbles sous-marins. La raison est que les câbles sous-marins sont plus coûteux que les câbles souterrains, de sorte que l'utilisation complète des courants porteurs y est relativement plus avantageuse. A ce sujet, il y a lieu de considérer, en particulier, le procédé connu sous le nom de la téléphonie à deux bandes de fréquences ; celles-ci sont comprises la première entre 300 et 2 400 p : s, la deuxième entre 3 100 et 5 200 p : s.

Les caractéristiques essentielles de ce procédé sont les sui-

vantes : 1° en plus de la bande des basses fréquences, on utilise seulement une bande de fréquences élevées, c'est-à-dire à courants porteurs. La voie à courants porteurs est constituée par la bande latérale inférieure de modulation d'un courant porteur de 5 500 p : s. Les deux bandes de fréquences ont la même étendue couvrant chacune 2 100 p : s. 2° les deux bandes de fréquences utilisées sur un même circuit servent respectivement pour les deux sens de transmission d'une même conversation ; 3° les voies à basse fréquence d'un câble sont toutes exploitées dans le même sens et il en est de même des voies à haute fréquence ; 4° les deux voies (à basse fréquence et à courants porteurs) sont raccordées dans un montage à quatre fils pour constituer un circuit téléphonique.

Un circuit exploité à deux bandes de fréquences se comporte d'une manière semblable à un circuit à quatre fils ordinaire.

3. Conclusion. — Il est vraisemblable que le développement de la téléphonie à courants porteurs sur les lignes n'a pas encore, de beaucoup atteint son point final. A côté de la possibilité d'utiliser des fréquences encore plus élevées sur les lignes aériennes, on doit s'attendre pour l'avenir, en particulier, à l'utilisation des voies à courants porteur dans les câbles souterrains. On dispose dans les circuits non pupinisés d'une bande de fréquences à peu près illimitée. Un grand avantage des circuits de ce genre est la grande vitesse de propagation des courants, ce qui permet leur utilisation pour les lignes téléphoniques à très grande distance.

B. *La téléphonie par onde porteuse sur les lignes de transport d'énergie électrique.* — Rapport de T. Johnson jr. Ce rapport n° 9 (Etats-Unis d'Amérique) comporte vingt et une pages de texte avec onze figures dans le texte.

Au début, la téléphonie par ondes porteuses était traitée comme un cas particulier de la téléphonie sans fil, dans lequel l'énergie au lieu d'être rayonnée dans toutes les directions dans l'espace, était plus ou moins confinée, ou guidée, le long des lignes d'un réseau de distribution d'énergie électrique. Mais on a pris bientôt l'habitude de considérer le nouveau mode de communication comme une application particulière des principes bien connus qui régissent la transmission des courants alternatifs au moyen de

conducteurs métalliques. Pour le couplage, on emploie généralement des condensateurs à isolation de porcelaine et des condensateurs dans l'huile. On utilise, le plus communément, les systèmes à fréquence unique. L'auteur décrit un type d'équipement en duplex de 50 w, un autre type d'équipement en duplex à puissance plus faible et un certain nombre d'équipements en simplex, de 7,5 et de 0,25 w.

Discussion. — M. Pagès demande, à propos du rapport de M. Küpfmüller quelle est l'augmentation de l'affaiblissement dans le cas de la transmission par courants porteurs sur un câble souterrain par suite de l'influence de l'effet de peau et si on a avantage à utiliser du fil divisé. M. Küpfmüller répond que c'est une question d'ordre économique : par exemple, on a construit en Allemagne un câble pupinisé, dont la fréquence de coupure était de 36 000 p : s et qui transmettait toutes les fréquences jusqu'à 30 000 p : s ; il était en fil non divisé parce que cette solution était plus économique. La difficulté qu'on éprouve pour obtenir une résistance suffisamment faible, dépend surtout de la méthode de toronnage des brins de fil divisé et de l'isolement individuel de chaque brin.

M. Cohen fait remarquer qu'il est intéressant de constater que la Siemens und Halske Aktien-Gesellschaft a introduit la méthode de téléphonie à courant porteur à voie unique, en utilisant la bande des fréquences élevées pour un sens de transmission et la bande des fréquences basses pour l'autre sens. En Angleterre, ce système est appliqué aux besoins du trafic saisonnier dans les stations balnéaires et est très avantageux ; l'appareillage est simple et ne comprend à chaque extrémité que quatre lampes ; l'alimentation est assurée par le réseau ; la fréquence de l'onde porteuse utilisée est 6 500 p : s.

M. Rose présente une note dans laquelle sont indiquées les conditions que doivent remplir les installations à courant porteur sur les lignes de transmission d'énergie électrique si l'on désire les connecter au réseau téléphonique public. Ces conditions constituent un véritable projet d'un cahier des charges.

M. Garczynski fait observer que les conditions relatives aux télécommunications sur les lignes de transmission d'énergie ne sont

pas les mêmes en Europe et aux Etats-Unis d'Amérique. Les réseaux de transmission et de distribution d'énergie ont pris dans ce dernier pays une extension considérable et les interconnexions déjà réalisées y sont très nombreuses ; en Europe, il existe moins de réseaux maillés. La différence entre les deux techniques aux États-Unis d'Amérique et en Europe en matière de liaisons par courants porteurs sur les lignes, peut être résumée comme il suit : 1° aux Etats-Unis d'Amérique, on utilise des puissances allant jusqu'à 300 watts (bien qu'elle descende à la valeur de 5 watts) ; en Europe, on dépasse rarement 25 watts ; 2° tandis qu'aux États-Unis d'Amérique il y a une tendance à abandonner l'emploi de deux fréquences porteuses (une pour l'aller et l'autre pour le retour) et à disposer d'une seule fréquence pour chaque communication, en Europe, on utilise plutôt des liaisons en duplex à deux fréquences, ce qui évite des appareils coûteux ; 3° aux Etats-Unis d'Amérique, on utilise le couplage entre phases ; en Europe, par contre, dans la majorité des cas le couplage s'effectue sur une seule phase ; 4° aux Etats-Unis d'Amérique, on adapte l'équipement à onde porteuse à toutes les variations du niveau des signaux susceptibles d'être causées par des commutations ou des dérangements en ligne ; en Europe, on cherche à rendre le service téléphonique indépendant du fonctionnement du réseau de distribution d'énergie en limitant l'itinéraire téléphonique à l'aide de circuits bouchons.

M. Küpfmüller fait observer que, dans le cas d'un couplage sur une seule phase, ou sur deux phases, en parallèle, en réalité, le courant de retour ne se propage pas par le sol ; grâce au couplage entre le sol et la troisième phase, et, du fait, que l'impédance de la phase est plus petite que celle du sol, le courant revient par la troisième phase ; il en résulte d'ailleurs une plus grande stabilité de fonctionnement.

M. Fonfrède fait remarquer que, contrairement à ce que M. Garczynski a déclaré, la tendance actuelle est en France d'employer le couplage entre phases et d'utiliser une seule fréquence porteuse. La question des condensateurs de couplage est déjà résolue et les conditions économiques sont plus avantageuses pour le système à couplage entre phases. M. Milon estime que les deux systèmes

donnent de bons résultats ; il ne s'agit que des conditions économiques qu'il faut étudier dans chaque cas particulier. Mais le champ électromagnétique créé par le système à courant porteur n'est-il pas plus intense quand on utilise le couplage sur une seule phase et ne peut-il pas en résulter des perturbations sur les lignes voisines ? M. Garczynski répond que les expériences ont, en effet, confirmé l'existence de ce champ. M. Milon propose de compléter les indications de M. Rose relatives aux conditions auxquelles doivent satisfaire les installations de téléphonie à courant porteur le long des lignes d'énergie pour pouvoir les raccorder au réseau téléphonique public, par des clauses relatives à la protection contre les accidents et à la transmission des courants d'appel.

M. Picault demande s'il ne convient pas de fixer la bande des fréquences à utiliser sur les liaisons téléphoniques sur les lignes d'énergie, afin d'éviter des perturbations sur les postes voisins et signale que cette question a déjà été traitée par le Comité consultatif international technique des communications radio-électriques qui a estimé que cette source de perturbations n'avait pas d'importance, car une ligne de transmission d'énergie ainsi exploitée rayonne très peu.

M. Garczynski rappelle qu'il n'y a aucune difficulté à transmettre des impulsions du courant d'appel dans les liaisons à courants porteurs sur des lignes de transmission d'énergie. En France, l'interconnexion entre le réseau de transmission d'énergie et le réseau téléphonique est interdite. Des essais ont été faits à ce sujet en Allemagne.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Le service postal du dimanche au Danemark (C.-E. Löye, *Union postale*, décembre 1932) (extraits). — Depuis le 1er mai 1921, le service du dimanche est organisé comme il suit :

Les bureaux de poste et les stations de poste ne sont pas ouverts le dimanche ; toutefois, le dépôt des journaux peut avoir lieu le matin. Quand il s'agit de jours de fête ne tombant pas un dimanche, les bureaux de poste sont ouverts pendant 2 heures, de 8h à 10h. Les stations de poste sont ouvertes pendant une heure, ordinairement de 9h à 10h.

Le bureau de dépôt de la gare centrale de Copenhague est ouvert tous les dimanches et jours de fête de 8h à 21h.

Pour les envois de toute catégorie, exception faite d'envois par exprès ordinaires, déposés à ce bureau, il est perçu un droit de dépôt spécial de 20 œre (1) par envoi. Vu les faibles dimensions des locaux et les conditions de transport, le bureau n'accepte pas le dépôt de colis postaux ordinaires.

Les agences de poste ne sont pas ouvertes les dimanches ; les jours de fête où il y a un service de guichet aux bureaux de poste, leur clôture doit avoir lieu à midi au plus tard.

Distributions : Dans les circonscriptions postales urbaines, aucune distribution générale n'a lieu le dimanche. Dans le cas de jours de fête ne coïncidant pas avec un dimanche, une distribution unique, comprenant tous les envois, est effectuée ; toutefois, les recouvrements postaux ne sont pas distribués, et la distribution des imprimés, des échantillons et des objets groupés arrivant en masse peut être supprimée.

Dans les circonscriptions rurales, des règles analogues sont en vigueur.

---

1. Un œr vaut environ 4c,35.

Finalement, il faut faire remarquer qu'aux bureaux de poste où il existe des boîtes d'abonnés pour les objets de correspondance ordinaires affranchis et les journaux, les envois dont il s'agit sont triés et répartis dans les boîtes d'abonnés les dimanches et les jours de fête où les bureaux de poste sont fermés, si cela peut être effectué sans augmentation de personnel. Toutefois, on ne peut garantir aux abonnés aux boîtes que les envois ne portant pas l'annotation « Boks » sont mis dans les cases postales.

En outre, selon une disposition particulière, les journaux peuvent être retirés par le public, les dimanches et les jours de fête, pendant une demi-heure environ après l'arrivée du courrier principal.

Outre la faculté ouverte, en général, au public d'expédier des envois par exprès aux bureaux de poste et à une partie des stations de poste, le destinataire habitant dans la circonscription intérieure d'un bureau de poste peut, après demande faite au bureau de destination, obtenir, les dimanches et les jours de fête où aucune distribution n'a lieu, la remise à domicile de lettres ordinaires, de cartes postales et de quotidiens, contre payement d'une taxe de 5 couronnes par trimestre ou d'une couronne s'il s'agit d'un seul jour, cette dernière taxe ne pouvant toutefois dépasser 40 œre par envoi (droit d'exprès ordinaire).

Depuis le 1er mai 1929, on a encore institué la distribution de « lettres-dimanches », régies par les dispositions réglementaires suivantes :

Dans le service intérieur, les lettres et les cartes postales ordinaires sont, à la demande de l'expéditeur et moyennant l'acquittement d'une taxe spéciale de 10 œre, distribuées les dimanches et les jours de fête par les bureaux de poste dans les limites de leurs rayons intérieurs pour la remise par exprès. Le rayon intérieur pour la remise par exprès comprend tous les lieux situés jusqu'à une distance, par voie praticable, de 2 kilomètres du bureau distributeur et, en outre, si celui-ci est entouré d'une circonscription urbaine, les endroits plus éloignés appartenant à cette circonscription. Cette distribution est effectuée une seule fois, savoir après l'arrivée de celui des courriers principaux dont la distribution, les jours ouvrables, commence avant 10h.

Les envois doivent porter sur le recto la mention apparente « Sondagsbrev » (lettre-dimanche) et, en outre, une croix diagonale.

Les lettres-dimanches venant de l'étranger, dont la taxe spéciale a été acquittée au moyen de timbres-poste danois, sont distribuées suivant les mêmes règles que les lettres-dimanches intérieures. Si la taxe n'est pas acquittée au moyen de timbres danois, l'envoi sera frappé d'une taxe selon les règles ordinaires.

Parmi les bureaux de poste de province, les uns assurent le service de la distribution des lettres-dimanches avec les facteurs de service le dimanche, les autres avec des facteurs auxiliaires moyennant, soit une rétribution conforme à la durée moyenne de la distribution effectuée, soit une rétribution par envoi. Cette organisation ne cause, en tout cas, aucune perte à la poste.

Cette catégorie d'envois a été fort appréciée du public, et le nombre des envois augmente de mois en mois. Les statistiques montrent que, depuis l'institution des lettres-dimanches, les objets de cette catégorie soumis à l'expédition ont atteint les nombres suivants : du 1er octobre au 31 décembre 1929 : 104.000 envois ; en 1930 : 554.000 ; en 1931 : 727.000.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

740.334. Disposition de couplage dans les bureaux télégraphiques intermédiaires avec montages de transmission à relais (Siemens et Halske, Allemagne).

740.394. Transmetteur de télégraphie à fréquence constante (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

740.630. Procédé permettant d'employer un courant alternatif dans les dispositifs de signalisation (N. V. Machinerieen-en Apparaten Fabrieken, Pays-Bas).

741.651. Procédé de télégraphie à courants porteurs (Siemens et Halske, Allemagne).

41.540. Procédé de télégraphie par courants alternatifs (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne, (1re addition au brevet n° 723.912).

Téléphonie.

740.263. Support orientable et réglable pour appareils téléphoniques (M. Devries, France).

740.504. Perfectionnements apportés aux capsules microphoniques (Association des ouvriers en instruments de précision, France).

740.730. Microphone électronique (Etablissements Arnaud-Gourrinat, France).

740.738. Perfectionnements aux systèmes de télécommunication (Société dite : Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

740.836. Perfectionnements apportés aux appareils téléphoniques, notamment à ceux devant comporter des capsules laryngophoniques (Association des ouvriers en instruments de précision, France).

740.847. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux intermédiaires principaux et avec bureaux intermédiaires secondaires équipés pour un service par sélecteurs (Siemens et Halske, Allemagne).

740.855. Dispositif pour l'enregistrement des numéros d'appel demandés à partir d'un poste téléphonique automatique (Mme Reichenbach, née Bloos, et H. Link, Allemagne).

741.117. Amplificateur pour circuits deux fils (Société dite : Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

741.139. Perfectionnements aux émetteurs d'impulsions (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

741.170. Perfectionnements aux systèmes de contrôle d'émissions d'impulsions électriques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston France).

741.195. Dispositif de commande électro-moteur, notamment pour la commande d'appareils dans des installations téléphoniques (Siemens et Halske, Allemagne).

741.241. Disposition de couplage pour installations téléphoniques à service par sélecteurs (Siemens et Halske, Allemagne).

741.341. Protecteurs hygiéniques pour appareils téléphoniques (M. Lecoque, France).

741.628. Système de signalisation secrète (J. T. Visser et E. H. B. Bartelink, Pays-Bas).

741.727. Procédé et dispositif d'enregistrement des conversations téléphoniques (S. Isenberg, France).

741.761. Perfectionnements aux émetteurs d'impulsions électriques (Paul Joly, France).

742.003. Répertoire téléphonique avec sablier (A.-J.-C. Collonge, France).

742.009. Canalisation souterraine pour la pose des câbles électriques, télégraphiques et téléphoniques (G. Pasini, Italie).

742.107. Perfectionnements auz systèmes téléphoniques pour bureaux centraux automatiques ou semi-automatiques (Le Matériel téléphonique, France).

41.581. Appareil téléphonique automatique à main (Siemens et Halske, Allemagne) (1re addition au brevet n° 720.111).

41.644. Téléphone automatique à appel simplifié (I. Makhonine, France) (1re addition au brevet, n° 717.701).

Transmission des images.

740.046. Appareil pour la composition des images dans les récepteurs de télévision (Süddeutsche Telefon-Apparate-Kabel, und Drahtwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

740.433. Récepteur de télévision (Süddeutsche Telefon-Apparate, Kabel und Drahtwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

740.658. Perfectionnements aux systèmes de télévision et aux modes d'utilisation de ceux-ci (Radio corporation of America, Etats-Unis).

741.099. Perfectionnements aux procédés et systèmes de communication par télévision (Radio corporation of America, Etats-Unis).

741.301. Perfectionnements aux systèmes de télévision et aux modes d'utilisation de ceux-ci (Radio corporation of America, Etats-Unis).

741.490. Perfectionnements aux appareils de télévision (A. Jobin et G. Yvon, France).

741.659. Disposition de disque à trous en spirale (Fernseh A. G., Allemagne).

741.660. Disposition pour le fonctionnement de sources lumineuses à colonne positive, en combinaison avec des récepteurs de télévision à disque de Nipkow (Fernseh A. G., Allemagne).

742.027. Dispositif pour publicité lumineuse ou télévision (inventeurs G.-F.-M. Bertrand et G.-J.-A. Pelletier) (Société des lampes Fotos, France).

Le poste récepteur de télévision comprend : 1° un panneau de lampes à gaz raréfié associées chacune à un circuit oscillant de fréquence propre déterminée ; 2° un générateur local d'ondes dont la fréquence varie dans la bande des fréquences propres des diverses lampes du panneau, en synchronisme avec l'exploration de l'image analysée au poste émetteur correspondant (condensateur de réglage de la fréquence de l'onde locale du poste récepteur tournant en synchronisme avec le disque explorateur du poste émetteur). A un moment quelconque, la fréquence de l'onde émise par le générateur local est celle du circuit oscillant de la lampe qui occupe sur le panneau la place correspondant au point de l'image transmis à cet instant. D'autre part, l'intensité des ondes créées par le générateur local est commandée par les signaux de télévision (courants photoélectriques dépendant des éclairements des divers points de l'image explorés successivement au poste émetteur). En particulier, chaque lampe à gaz raréfié peut comporter, à l'intérieur du tube, des électrodes en forme de surfaces cylindriques appliquées contre les parois intérieures du tube, ce tube étant entouré extérieurement par un fil conducteur en hélice qui constitue simultanément la bobine d'inductance et l'une des armatures du condensateur du circuit oscillant de la lampe considérée, l'autre armature étant précisément l'électrode cylindrique intérieure, l'intervalle entre les électrodes représentant en quelque sorte un éclateur inséré dans le circuit oscillant.

41.565. Disque de Nipkow à fenêtres se chevauchant partiellement (Fernseh A. G., Allemagne) (1re addition au brevet n° 705.265).

41.607, 41.608 et 41.609. Dispositif de synchronisation comportant un oscillateur commandé, en particulier pour appareils de télévision (Fernseh, A. G., Allemagne) (2e 3e et 4e additions au brevet n° 705.266).

41.636. Perfectionnements aux dispositifs de synchronisation utilisés en télévision, téléphotographie, télémécanique (invention R. Barthélemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France) (2e addition au brevet n° 681.471).

RADIOCOMMUNICATIONS.

740.009. Dispositif de couplage à haute fréquence pouvant être accordé (Hazeltine corporation, Etats-Unis).

740.098. Dispositif pour récepteurs sur réseau, intercalé en avant

dans le circuit et destiné à écarter les perturbations (R. Bosch Aktiengesellschaft, Allemagne).

740.298. Détecteur à galène (J. Ferrayé, France).

740.405. Perfectionnements aux générateurs d'oscillations électriques (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre).

740.423. Système changeur de fréquence pour appareils de télégraphie ou de téléphonie sans fil (Société anonyme pour l'exploitation des procédés Maurice Leblanc Vickers et M. Touly, France).

740.528. Amplificateur à moyenne fréquence (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

740.672. Procédé de fabrication de bobinages, spécialement utilisables en radio-électricité (J. Mendel, France).

740.693. Montage récepteur de T.S.F. (N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

740.788. Canalisation électrique à espaces creux intérieurs servant de câble de dérivation pour antennes, d'antenne souterraine, de canalisation de raccordement pour cellules photo-électriques, microphones, ponts entre mâts, ainsi qu'à des buts analogues (Kabelwerk Vacha A. G., Allemagne).

740.810. Perfectionnements aux amplificateurs à valves thermioniques (Igranic electric C° limited et M. L. H. Paddle, Angleterre).

740.927. Poste récepteur de téléphonie sans fil, à double changement de fréquence (V. de Giorgi, Italie).

740.986. Perfectionnements aux systèmes de modulation utilisables dans la signalisation sans fil et dans les systèmes de transmission analogues (Marconi's wireless telegraph Cy limited, Angleterre).

741.040. Perfectionnements aux récepteurs ou amplificateurs destinés à être alimentés au choix par un secteur continu ou alternatif (Allgemeine Elektricitâts Gesellschaft, Allemagne).

741.381. Perfectionnements aux montages amplificateurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

741.441. Lignes de transmission pour ondes électromagnétiques ultra-courtes (International communication laboratories, Etats-Unis).

741.666. Dispositif pour émettre ou recevoir des ondes ultra-courtes (K. Kohl et société dite : Süddeutsche Telefon-Apparate, Kabel und Drahtwerke Aktiengesellschaft Tekade, Allemagne).

741.872. Appareil transmetteur pour les ondes électriques, et en particulier pour les ondes ultra-courtes (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

742.106. Perfectionnement aux systèmes émetteurs et récepteurs radioélectriques à changement de gamme de longueur d'onde (Société française radioélectrique, France).

41.536. Combinaison nouvelle d'un cordon de prise de courant et d'une antenne de réception pour postes de téléphonie sans fil alimentés sur secteur (P. Ravet, France) (1re addition au brevet n° 732.884).

BIBLIOGRAPHIE.

Le calcul des différences finies et ses applications, par A. Henry, membre de l'Institut des actuaires de Londres. Traduit de l'anglais par A. Sallin. Paris, Hermann, 1932. 1 vol. in-8° de 212 pages. — Prix : 50f.

Ce petit ouvrage nous offre d'abord un exposé très clair, détaillé et illustré de nombreux exemples, des méthodes pratiquement employées par les actuaires pour résoudre des problèmes d'interpolation. A la suite de ces théories curieuses et en général peu connues, on est surpris de voir figurer un exposé des parties les plus élémentaires du calcul différentiel et intégral, qu'il semblerait qu'on pût supposer connues d'un lecteur capable de suivre et d'utiliser la première partie de l'ouvrage. Le volume se termine par l'exposé des méthodes d'intégration numérique approchées, et par un chapitre sur les probabilités. Ouvrage sérieux et intéressant.

P. L. C.

Le chronométrage, par Paul Planus, ingénieur-conseil. Paris, Comité national de l'organisation française (36, rue Fondary), 1930. 1 br. in-4° de 16 pages. — Prix : 5f.

Le chronométrage, la mesure des temps, est un des moyens de travail les plus importants de l'organisation : il n'est qu'un de ces moyens, mais un des principaux. On peut le pratiquer dans deux buts : ou bien pour étudier une opération afin de l'améliorer, ou bien pour fixer une tâche ; de toutes façons, il est bien entendu que, dans ce dernier cas, le travail a été auparavant normalisé. L'importance des facteurs psychologiques concernant le chronométrage domine toute la première partie de cette étude. Les principaux sont : les qualités intellectuelles et morales du chronométreur, l'obligation de préparer le milieu avant de chronométrer, la nécessité de mettre l'opérateur en confiance (et les moyens d'y parvenir). Après une énumération et une explication des détails de la technique,

M. Planus décrit l'exécution, par ses collaborateurs et élèves, de démonstrations de chronométrage faites au Comité national de l'organisation française en vue de l'établissement d'une tâche moyennement compliquée. Le résultat de cette façon de procéder et de l'entraînement décrit à la suite est d'élever au niveau des très bons les médiocres et les moyens qui font preuve d'une bonne volonté normale et qui ont des aptitudes normales pour le travail qui leur est assigné. L'auteur considère cette méthode (celle de Taylor) comme suffisamment universelle, et indique qu'il l'a pratiquée ou fait pratiquer depuis douze ans dans ses travaux d'organisation activités d'usine, de chemins de fer, de bureau, de transport, de magasin de gros et de détail.

Le gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 2-5-33.

LE CONTROLE POSTAL DANS LE FINISTÈRE PENDANT LA RÉVOLUTION,

par Daniel BERNARD,
contrôleur des Postes et Télégraphes.

La plupart des historiens hostiles à la Révolution française ont voulu voir, dans les différentes mesures prises par les législateurs ou les gouvernements révolutionnaires pour organiser le contrôle des correspondances circulant par la poste, une résurrection du Cabinet noir. L'assimilation n'est pas soutenable : le contrôle postal n'avait rien d'occulte ; il était exercé, au su de tout le monde, par des commissaires régulièrement choisis et nommés.

Pendant les périodes de crises intérieures ou de guerre, tous les gouvernements ont eu recours à ces mesures, imposées par des nécessités politiques et patriotiques inéluctables. Le salut public exige, dans certaines circonstances, la mise en vigueur de dispositions exceptionnelles, en opposition avec les idées théoriques, sans égard même pour les inconvénients et les abus qui pourraient en résulter ; et l'on ne peut nier qu'il y en eut, surtout lorsqu'on associa les clubs au fonctionnement du contrôle.

Les cahiers de doléances de 1789 sont unanimes pour réprouver les odieuses pratiques du cabinet noir (1). L'Assemblée nationale fut constamment fidèle à l'expression de ces vœux et rendit plusieurs décrets contre les actes de violation du secret des lettres. Il en fut de même de l'Assemblée législative (2).

---

1. Voy. les *Archives parlementaires*, t. I-VI ; les nombreuses publications de cahiers dans la *Collection de documents sur l'histoire économique de la Révolution française*, publiée par le ministère de l'Instruction publique ; les études citées dans mon *Essai de bibliographie de l'histoire de la poste aux lettres...* (*Annales des P.T.T.*, 1931, p. 329 et s.).

2. Voy. Belloc, *Les Postes françaises*, p. 255, 264, 267, 281, 282

Les autorités départementales, chargées de la police dans leur ressort, furent cependant amenées à enfreindre bientôt les prescriptions légales. En 1790 et en 1791, le procureur-syndic du district de Quimper requit la saisie de lots de brochures « incendiaires et inconstitutionnelles » écrites par l'abbé Coroller, recteur de St-Mathieu de Quimper, et adressés au libraire Fauvel. Ces brochures étaient une attaque virulente contre la constitution civile du clergé, et le directoire du département avait jugé que leur diffusion pouvait troubler l'ordre public et empêcher l'application de la loi. Une proclamation de M. de Botherel, ancien procureur-syndic des Etats de Bretagne, contre la convocation des Etats généraux, fut également interceptée sur l'ordre du ministre de l'intérieur, de Lessart. Le directoire du département du Finistère rend compte, le 27 mai 1791, de l'exécution de cette mesure en ces termes : « ayant été avisé par le directoire du district de Quimperlé que, sur les indications du département du Morbihan, il avait fait arrêter à la poste des imprimés incendiaires adressés par le sieur Botterel à toutes les paroisses des campagnes, tendant à soulever le peuple contre le gouvernement et l'administration actuelle, arrêta de charger le procureur général syndic de se rendre sur-le-champ au bureau de la poste pour y arrêter les paquets en question, en donner décharge, s'en ressaisir et les déposer sur le bureau du Directoire » (1). Dès le 30 mai, 92 exemplaires furent saisis à la poste de Quimper et le département enjoignit aux districts « de veiller à ce qu'un pareil écrit ne compromette la Constitution et la tranquillité publique » (2).

Ces dernières initiatives peuvent être considérées comme des mesures de police et non comme des violations du secret des correspondances. Les autorités départementales du Finistère hésitent encore : si elles font surveiller la correspondance de l'évêque de Léon réfugié à Londres (3), elles blâment la municipalité et la

1. Archives du Finistère : Série L, Police générale. (La série révolutionnaire des Archives du Finistère étant en cours de classement, les liasses n'ont pas encore été numérotées.)

2. Corresp. du département, Reg. 119, f° 85.

3. J.-M. Pilven, *Le premier évêque constitutionnel. Expilly, évêque du Finistère*, p. 71.

société des Amis de la constitution de Landerneau d'avoir retenu des lettres à la poste, malgré les réclamations du directeur, lors de la fuite de Louis XVI (1). Le 5 août 1791, elles enjoignent à la municipalité de Brest de respecter la correspondance des prêtres insermentés détenus au couvent des Carmes. Les municipaux de Brest se soumettent ; mais ils font observer « que la liberté d'une correspondance illimitée entre des gens aussi dangereux que des prêtres séditieux et fanatiques produira les effets les plus funestes et que l'on se repentira probablement quelque jour de la facilité qu'on leur accorde aujourd'hui de propager leurs faux principes, d'entretenir leurs sectaires dans des erreurs préjudiciables à l'ordre et de leur insinuer l'esprit dont ils sont eux-mêmes pénétrés de révolte contre l'autorité nationale et la constitution » (2). Le département maintint son arrêté et ordonna au district de Brest « de prendre les mesures les plus efficaces pour détruire un abus si contraire aux décrets et qui viole aussi manifestement le secret des familles » (3).

Les 22 et 23 octobre 1791, le maire de Plouézoc'h, à la tête de la garde nationale, retint au petit port de Térenez, la barque le Saint Pierre chargée d'émigrés. « Le département autorisa le départ des émigrés et de leurs effets, mais confisca les 16.000 livres en espèces et la correspondance. Celle-ci fut envoyée à l'Assemblée nationale, qui décida, sur le rapport de Gossuin, que les lettres seraient envoyées intactes à leur destination » (4).

---

1. Peyron, *Documents sur l'histoire du clergé et des communautés religieuses dans le Finistère pendant la Révolution*, t. II, p. 15, 27. L'Assemblée nationale désapprouva formellement les atteintes portées au secret de la poste à cette occasion par les corps administratifs. Belloc, p. 275.

2. Abbé Saluden, *Une figure brestoise du XVIIIe siècle. Claude Laporte*, p. 142-143.

3. Corresp. du département avec le district de Brest, Reg. 131, f° 27.

4. Michel Missoffe, *Le conventionnel Gossuin*, p. 100 et s. ; le Guennec, *Excursion dans la commune de Plouézoc'h* (*Bull. de la Société archéologique du Finistère*, 1906, p. 21).

Le patron de la barque, Jean-Marie Jézéquel, fut cependant condamné à l'amende.

Pendant la Terreur, à la suite des dépositions de plusieurs témoins dans une affaire concernant un homonyme, Jean-Marie Jézéquel fut traduit au tri-

Le 3 juillet 1792, le département du Finistère prescrivit « la saisie, dans tous les bureaux de poste, d'un certain nombre de journaux déclarés funestes et anti-révolutionnaires, tels que *l'Indicateur, le Journal royaliste, le Journal de Paris, la Gazette de Paris, les Annales monarchiques, le Journal de la cour et de la ville, le Journal de Genève, le Journal de Fontenai, le Journal ecclésiastique de Barruel, l'Ami du Roi, l'Ami du peuple* de Marat, *l'Ami de la constitution, le Pour et le contre, le Courrier de la guerre, la Rocambole des journaux, le Consolateur*, etc., et en général tous les écrits capables d'inquiéter la tranquillité publique » (1). Le Conseil général du district de Brest, en vertu de cet arrêté, nomma ses commissaires le 7 août : Geoffroy et la Fuye, officiers municipaux, et Julien, notable, et leur enjoignit, de même qu'aux municipalités de son ressort, « de dresser, à l'arrivée de chaque courrier ou conducteur, un état double des papiers et feuilles périodiques ennemis de la Révolution » (2). Les commissaires de Carhaix se saisirent, le 14 août, de 4 exemplaires du *Journal général de France*, de 5 exemplaires du *Journal général politique*, de 3 numéros du *Journal politique et de commerce* et de 1 numéro du *Journal ecclésiastique*. Ces feuilles furent gardées au district.

Jusqu'ici, comme on vient de le voir, les autorités locales seules ont pris quelques mesures de surveillance et ces mesures n'excédaient pas leur droit de police. Mais, lorsque la guerre devint inévitable et lorsque la Patrie fut déclarée en danger, en juillet 1792, l'Assemblée législative se vit dans l'obligation de recourir à des moyens exceptionnels de salut public pour déjouer et paralyser les intrigues des ennemis de l'intérieur et des émigrés. Sur les instructions reçues du gouvernement, le Conseil général du département du Finistère prit l'arrêté suivant (3) :

---

bunal révolutionnaire de Brest et le procès de 1791 invoqué de nouveau. Le tribunal, ne tenant aucun compte de la règle *non bis in ibidem* (non deux fois pour la même chose), condamna le malheureux prévenu à la déportation (Cf. Levot, *Brest pendant la Terreur*, p. 274).

1. Du Châtellier, *Histoire de la Révolution en Bretagne*, t. II, p. 195. Du Châtellier a daté par erreur cet arrêté du 16 août.

2. *Procès-verbaux du conseil général*, t. II, p. 679.

3. Arch. du Finistère, série L (M), Postes et messageries.

Du seize Août mil sept cent-quatre-vingt-douze,
l'an 4. de la Liberté, et le 1er de l'Égalité.

Séance du Conseil général, tenue par M. Kergariou, président, assisté de MM. les Administrateurs.

Présent M. Belval, Commissaire-général syndic.

Le Conseil général du Département, considérant que les ennemis de la Liberté sont ceux qui en ont le plus réclamé les droits pour la détruire.;

Considérant qu'il n'est pas d'excès qu'ils ne se soient permis, de désordres qu'ils n'aient suscités, de complots qu'ils n'aient médités, de crimes enfin qu'ils n'aient commis, en invoquant ce nom sacré ;

Considérant que c'est en abusant de la liberté d'écrire, de parler, d'imprimer, d'aller, de venir, de sortir du Royaume, qu'ils ont insensiblement soulevé contre lui les Puissances étrangères, allumé dans son sein les torches du Fanatisme, aiguisé partout les poignards de la guerre civile, et mis la Constitution et la Patrie dans un péril imminent ;

Considérant que l'un des moyens dont ils ont à cet égard profité avec le plus funeste succès, c'est la libre circulation des lettres, avis, papiers-nouvelles, destinés à dénaturer les événemens de la Révolution, à déprécier les Délibérations du Corps législatif, à calomnier ses intentions, ses principes, à corrompre l'esprit public, et à préparer la désorganisation de tous les Pouvoirs constitués ;

Considérant que c'est toujours sous les auspices de la Liberté, et la garantie de la foi publique, que, malgré l'anéantissement successif de leurs affreux projets, ils continuent d'entretenir, d'une extrémité de l'Europe à l'autre, les plus criminelles relations ; que c'est de ces canaux impurs que s'échappent les germes de tous les troubles, de toutes les agitations intestines ; que c'est dans cette coupable correspondance que se nourrit le fol espoir de renverser un jour les colonnes impérissables sur lesquelles repose l'édifice de la régénération française ;

Considérant qu'il est temps enfin d'arracher aux ennemis de la Liberté et de l'Égalité les armes dont ils ont jusqu'à présent fait contr'elles l'usage le plus destructif ; qu'il est temps d'arrêter le cours de leurs trahisons, de leurs conspirations sans cesse renaissantes, en portant un œil sévère sur leur correspondance et leurs relations les plus secrettes ; que ce qui seroit, dans des temps de calme, une contravention aux principes, devient un devoir impérieux au jour des dangers de la Patrie ;

Par ces motifs, et ouï en ses conclusions le Commissaire-général-syndic ;

Le Conseil arrête ce qui suit :

Art. Ier. — Toutes les lettres et paquets, venant de l'Étranger par la Poste, seront interceptés dans tous les bureaux des Postes du Département, à quelques personnes qu'ils soient adressés.

II. — Les lettres et paquets venant de Paris ou de l'intérieur par la Poste, de quelque contre-seing, cachet, paraphe ou contre-marque qu'ils soient revêtus, seront également interceptés, s'ils sont adressés à des personnes suspectes.

III. — Les Lettres et paquets mentionnés aux deux articles précédents, seront également interceptés, dans les cas exprimés par ces articles, soit que lesdites lettres et paquets viennent par la voie de la messagerie, celle de la mer ou autrement.

IV. — Pour assurer l'effet de cette interception, il sera nommé par le Conseil trois Commissaires de surveillance dans chacune des villes du Département où il y a un bureau principal de Poste.

V. — A l'arrivée de chaque courrier, ces Commissaires se transporteront au bureau de la Poste de leur résidence, et concourront avec le Directeur au triage des paquets. Ils arrêteront ceux désignés dans les articles I et II du présent Arrêté et manderont les personnes auxquelles ils sont adressés, pour en faire l'ouverture en leur présence.

VI. — Si, après deux avertissemens successifs, ces personnes ou leurs représentans ne se rendoient pas à l'invitation des Commissaires de surveillance, ces derniers sont autorisés à faire seuls l'ouverture des lettres et paquets.

VII. — Si les lettres et paquets ne contiennent rien de suspect, les Commissaires les remettront ou les feront parvenir à leurs adresses. Dans le cas contraire, ils retiendront les lettres et paquets, et en rendront compte au Conseil du Département qui statuera ainsi qu'il appartiendra.

VIII. — Les Commissaires de surveillance agiront ainsi qu'il est prescrit aux articles V, VI et VII ci-dessus, à l'égard des Bureaux de Messagerie et de tous autres où l'on pourroit adresser les lettres et paquets venant par mer.

IX. — Les Directeurs des Bureaux de Postes, Messageries et autres, sont invités, au nom de la Patrie, et sous la responsabilité du Conseil, à faciliter aux Commissaires de surveillance tous les moyens d'assurer leur inspection,

X. — Ces Commissaires sont également invités à employer tous les moyens que leur civisme, leur zèle et leur prudence leur suggèreront pour exercer dans leurs fonctions la surveillance la plus étendue, et pour arrêter la circulation de tous Ecrits, Brochures ou Journaux qui contiendroient des maximes contraires aux Loix de l'État, et propres à troubler la tranquillité publique et compromettre la sûreté générale.

XI. — Ils sont autorisés à correspondre avec le Conseil sans aucun intermédiaire ; et il est enjoint à toutes les Administrations de District et Municipalités du Ressort de les reconnoitre et de leur prêter, en toute occasion, tout secours et assistance pour la meilleure exécution du service important qui leur est confié.

Et procèdant au choix des Commissaires de surveillance, le Conseil a sur-le-champ nommé les citoyens ci-après :

Savoir :

Districts de :

BREST : MM. Berthomme, maire ; Brichet, procureur syndic du district ; Le Breton, Administrateur.

CARHAIX : MM. Carquet, membre du tribunal ; Veller, cadet, Commandant la Garde nationale du District.
Blanchard, trésorier du district.

CHATEAULIN : MM. Habasque, Commissaire du Roi, Fennigant, procureur-syndic, Cosmao, Avoué.

District de LANDERNEAU :

Ville de LANDERNEAU : Duthoya, vice-président du district.
Dubois, membre du tribunal.
Jacolot, maire.

Ville de LANDIVISIAU : G. Le Roux, procureur de la commune.
Le Ferec, notaire public.
Duclou, officier municipal.

Ville du FAOU : Courtois, maire.
Porlodec (Pellan).
Le Floch, avoué.

District de LESNEVEN : Poullain, Commissaire du Roi.
Balaguier, Commandant de la Garde nationale.
Prat, notaire public.

District de MORLAIX : Riou, vice-président du district
Couhitte, membre du district.
Raoul, procureur-syndic.

District de Pont-Coix : Tréhot, fils, président du district.
Béléguic, administrateur.
Piclet, juge.

District de Quimper :

Ville de Quimper : Trois membres du Comité de surveillance du Conseil du Département, au choix du Comité.

Ville de Concarneau : Laporte, maire.
David, Commissaire aux classes.
Jegou, vicaire.

District de Quimperlé :

MM. Bienvenu, administrateur du district.
Rousseau, Juge de Paix.
Morellet, Citoyen propriétaire.

Auxquels Commissaires le Conseil donne tout pouvoir de le représenter et d'agir en son nom pour le fait de la mission qu'il défère à leur zèle et à leur patriotisme éclairé.

Le Conseil arrête au surplus l'impression et l'envoi très prochain du présent auxdits sieurs Commissaires, aux Administrations des districts et aux Municipalités du ressort, aux Directeurs des Postes et Messageries établies dans le Département, et aux 82 autres Administrations de Départemens du Royaume.

Fait et arrêté en Conseil-général de Département, à Quimper, lesdits jour, mois et an.

Signé : Kergariou, président.
Marec, secrétaire général.

A Carhaix, dès le 16 août, ce sont les membres du bureau de permanence qui s'improvisent d'eux-mêmes commissaires, aux lieu et place des personnes désignées dans l'arrêté du Conseil général du département. Ils saisissent une lettre venant de Thionville « mais, en ayant fait ouverture, nous n'y avons rien trouvé contre le gouvernement. Nous l'avons recachetée pour la tenir à son adresse ». Le lendemain, 17 août, « deux membres se sont présentés à la poste à l'arrivée du courrier de Quimper et y ont trouvé un paquet à l'adresse du sieur Jacob, curé de la paroisse de Laz, actuellement au collège de Quimper, et vu l'incivisme de ce prêtre non assermenté, ils se sont saisi dudit paquet et ouverture en étant faite au comité, vu que loin de rien contenir de contraire à la chose publique, il renferme des matériaux et des instructions propres à faire revenir le sieur Jacob de l'erreur, le tout sera remis au destinataire ». Les jours suivants, ce sont toujours les membres du comité qui opèrent ; le 21 août, ils dépassent audacieusement leur pouvoir de contrôle en ouvrant un paquet adressé à la muni-

cipalité de Plouguer, contenant des instructions sur les biens nationaux. Et voyant que la municipalité de Carhaix n'en avait pas, le comité décide de faire faire des copies pour toutes les communes du ressort et de faire remettre ensuite le paquet à la municipalité de Plouguer. Le lendemain, 22 août, le commissionnaire de la mine de Poullaouen se rendit au comité et déclara être venu pour porter une lettre à la poste à l'adresse des administrateurs du district de Carhaix. Sans scrupules, « les membres du comité font ouverture de la lettre qui était écrite par le maire et procureur de la commune de Poullaouen qui donnaient avis de troubles et de rassemblement à Poullaouen ». Ils décident sur-le-champ de prendre des mesures de sûreté. Voilà donc un comité qui, non seulement se substitue aux commissaires régulièrement nommés, mais outrepasse singulièrement la mission dévolue à ces commissaires. De plus, il usurpe l'autorité des administrateurs du district en prenant des initiatives de police, après avoir intercepté la correspondance qui les avisait des troubles survenus dans une commune de leur ressort. Et de qui était composé le bureau de ce comité ? de Blanchard, curé constitutionnel, Davenne, caporal au régiment de Port-au-Prince, Denis, gendarme et Guerif, secrétaire (1).

Les commissaires se heurtèrent parfois à l'hostilité des directeurs des bureaux de poste. Ceux de Concarneau exposent « que le dimanche 16 septembre, lorsque nous nous rendîmes au bureau de la poste pour y faire notre inspection, nous vîmes avec surprise que la directrice, sans attendre notre arrivée, avait fait ouverture des paquets et avait déjà délivré plusieurs lettres à plusieurs personnes ». Sur le rapport des commissaires, le Conseil général du département, par arrêté du 21 septembre, après avoir infligé un blâme à la directrice, décida d'établir un garde au bureau « à l'effet d'empêcher que la directrice ne fasse aucune distribution de lettres avant d'avoir fait prévenir les commissaires de l'arrivée du courrier » (2).

---

1. District de Carhaix, Police et sûreté générale.
2. Délibérations du conseil général, Reg. 14, f°s 107, 108.

Les commissaires de Morlaix rendent compte de leurs opérations, le 28 août, en ces termes : « Nous avons, concurremment avec le directeur des postes, procédé au triage des lettres. Examen fait, nous avons vu dans l'ensemble neuf lettres qui nous ont paru suspectes, et voulant prévenir que leur circulation n'augmente le trouble qui nous agite en ce moment de crise, nous nous sommes emparé de ces lettres, pour être, en notre présence, la lecture prise par les personnes à qui elles sont adressées. Nous en ayant communiqué le contenu, et ne renfermant rien de contraire à la tranquillité publique ni aux lois de l'Etat, les lettres ont été remises à leurs destinataires après qu'ils eurent acquitté la taxe ». Le même jour, à l'arrivée du courrier de Paris, 12 lettres furent saisies ; le 30 août, 13, mais toutes furent rendues à leurs destinataires après que les commissaires eurent pris connaissance de leur contenu (1).

A Saint-Pol-de-Léon, le 28 août, 22 lettres furent prélevées, sur lesquelles 10 furent retenues et les autres distribuées ; le 30, sur les 20 lettres examinées, 7 furent saisies. Dans cette dernière ville, les commissaires ayant dû s'absenter pour assister à une assemblée électorale à Brest, sur autorisation du district de Morlaix, « commirent trois fonctionnaires publics, dont le patriotisme était connu, pour opérer pendant leur absence » (2).

La confiscation des correspondances ne paraît pas avoir comporté de conséquences funestes pour leurs destinataires ; du moins pour le plus grand nombre ; cependant, une lettre expédiée par Aimé-Marie Aléno de St-Alouarn, dans laquelle il disait « qu'il partait pour Paris, servir de rempart au dernier des tyrans », ayant été interceptée, son auteur fut incarcéré à Quimper le 27 septembre 1792 (3).

Les divers comités de contrôle du département du Finistère furent supprimés par l'arrêté suivant du Conseil général, en date du 15 novembre 1792 :

Sur le rapport de son comité de surveillance tendant à révoquer les pouvoirs donnés par le Département à divers commissaires chargés du recrutement

1. Comité de surveillance de Morlaix, liasse 8.
2. District de Morlaix, Police.
3. Comité de surveillance de Quimper

et de la surveillance relative aux lettres et paquets venant de l'étranger par la poste ;

Considérant que les motifs qui, lors du danger imminent de la Patrie, nécessitèrent des mesures extraordinaires de précaution et de sûreté générales, doivent maintenant disparaître en raison des succès éclatants de nos armées et des victoires multipliées qui couronnent à chaque pas leurs actions ;

Considérant d'ailleurs que l'administration supérieure, sur le point d'être renouvelée, ne peut désormais conserver aux commissaires qu'elle a crû devoir établir, dans l'étendue de son ressort, des pouvoirs dont l'usage doit nécessairement finir avec elle ;

Par ces motifs, et ouï le procureur général syndic,

Le Conseil, après avoir voté des remerciements à ses divers commissaires, pour l'activité et le civisme qu'ils ont manifestés dans l'exercice des fonctions qui leur ont été délégués,

Arrête d'annuler et annule, dès ce jour, tous les pouvoirs donnés aux commissaires nommés par ses arrêtés des 14 juillet, 16 août derniers et tous autres portant délégation ou autorité quelconque, et leur interdit en conséquence l'usage des dits pouvoirs.

Au début de 1793, lorsque la plus grande partie de l'Europe se coalisa contre la France, le ministre de l'intérieur, Garat, prescrivit aux administrateurs des départements « un redoublement de soins, de sollicitude et de surveillance et qu'il soit pris sur tout les mesures les plus efficaces pour rompre les fils de désorganisation qui correspondent à travers les murs aux cabinets ténébreux des rois ». L'administration départementale du Finistère remit en vigueur le contrôle postal par l'arrêté suivant, en date du 21 février 1793 (1) :

Considérant qu'à l'époque de la guerre la plus juste qui ait existé, les ennemis du bien public, les fauteurs du fanatisme et du despotisme vont renouveler toutes leurs manœuvres criminelles, et employer tous les moyens pour tromper et soulever les habitans des campagnes ;

Considérant que dans plusieurs Districts, et notamment dans celui de Châteaulin, les prêtres réfractaires poussent l'impudence jusqu'à continuer non seulement leur service, mais encore à remplir les fonctions qui leur étoient attribuées autrefois, pour constater l'état-civil des citoyens ; que partout ils répandent des libellés incendiaires tendant à avilir les Représentants du Peuple et les Administrateurs, et armer les citoyens contre les citoyens ;

Considérant que la libre circulation des lettres, avis et papiers destinés à corrompre les citoyens, est l'un des moyens dont se servent les vils esclaves des brigands couronnés ;

Considérant enfin que quelques corps administratifs ont sollicité le renouvellement de cette mesure qui fut employée avec succès à la fin de l'année dernière ;

Le Directoire, le suppléant du Procureur-général-syndic entendu, arrête ce qui suit :

Article premier. — Les commissaires ci-après nommés se conformeront à l'arrêté général du département, du 16 août dernier, dont les district ou les

1. Délibérations du directoire du département, Reg. 21, f° 224.

municipalités de leur domicile leur procureront un exemplaire imprimé ou manuscrit.

II. — Il y aura deux commissaires qui seront pris dans chaque ville, chef-lieu de district, l'un dans la municipalité, l'autre dans le directoire du District.

III. — Dans les villes, bourgs et petits ports où il n'y a pas de district, il y aura un commissaire spécial du département, auquel il sera adjoint un membre de la municipalité.

IV. — La fermeté, la prudence et la discrétion doivent guider les commissaires dans leur surveillance. Qu'ils se rappellent sans cesse qu'il faut que le bien de la Patrie exige une pareille mesure pour que l'administration se soit portée à l'ordonner.

V. — Enfin l'arrêté du conseil du 16 août dernier sera exécuté comme il l'a été ci-devant.

Procédant ensuite à la nomination des Commissaires, le Directoire a nommé les citoyens ci-après :

District de Brest :

Brest { Berthomme, membre du Directoire.
Malassis, Maire.
Carhaix, Morvan, membre du Directoire.
Châteaulin, Le Bouédec, membre du Directoire.
Landerneau, Jacolot, membre du Directoire.
Landivisiau, Darnaud, maréchal-des-logis de gendarmerie.
Le Faou, Morvan et Courtois, officier municipal.
Lesneven { Coniat, membre du Directoire.
Castaignet, officier municipal.
Pontusval, Goulven et côte, Pasquier, capitaine général des Douanes.
Plouescat, Cléder et côte, Pitchiora, capitaine d'infanterie.
Plouguerneau, Moreau, curé.
Morlaix, Bodier, membre du Directoire.
St-Pol-de-Léon, Miorcec et Goez, officier municipal.
Roscoff, Aubert.
Pont-Croix, Tréhot, procureur-syndic du district.
Douarnenez, Grivart, ci-devant procureur-syndic du district de Pont-Croix.
Audierne, Maubras.
Quimper { Vinoc, membre du Directoire.
Perrin, officier municipal.
Concarneau, La Porte.
Pont-l'Abbé { Sider, juge de paix.
Le Breton, curé.
Kérity-Penmarch { Kersaux-Daniel, Administrateur du département.
Louédon, curé.
Quimperlé { Le Nir, membre du Directoire.
Davau, Maire.
Pont-Aven, Descourbes.

Auxquels commissaires l'administration supérieure donne le pouvoir de la représenter, et d'agir en son nom, pour le fait de la mission importante qui leur est confiée.

Le Directoire arrête au surplus l'impression et l'envoi très prochain du présent auxdits commissaires, aux administrations de district et aux municipalités, aux syndics des classes, aux directeurs des postes et messageries établies dans le département et aux préposés principaux des douanes de la République, pour que les subordonnés qui sont sur les côtes puissent en faciliter l'exécution.

On remarquera que, pour certains chefs-lieux de district, tels que Carhaix, Châteaulin, Landerneau, Morlaix, Pont-Croix,

de même que pour la plupart des autres villes, l'arrêté du département ne désigne qu'un seul commissaire ; le choix du deuxième fut laissé aux soins des directoires des districts. Les administrateurs du département se réservaient cependant le droit d'improuver les désignations faites par les districts ; c'est ainsi que nous les voyons récuser le citoyen le Férec, nommé par le district de Landerneau, en indiquant « que le refus de certificat de civisme fait par la municipalité en est la seule cause » (1).

Le 15 avril 1793, le directoire du département se préoccupe de la surveillance à exercer sur les courriers de la poste, qu'il soupçonne de transporter des correspondances en fraude (2) :

Considérant qu'il est de notoriété publique que les courriers se chargent souvent de paquets qui ne sont point expédiés par l'administration des postes, arrête que tous les jours de poste, un administrateur se rendra à l'arrivée du courrier pour, de concert avec les commissaires chargés de la surveillance des postes, faire visiter la voiture et la personne du courrier ; de plus, les mêmes jours, un gendarme ira au devant du courrier et ne laissera enlever aucun paquet jusqu'à ce que les commissaires ne soient arrivés.

Le journal d'inspection des commissaires de Lesneven, le seul que nous ayons retrouvé, nous fait connaître le résultat des opérations durant la période du 6 mars au 12 mai 1793 :

Le 8 mars, ouverture de 3 lettres adressées à des nobles : rien de contraire aux intérêts de la République.
Le 10 mars, ouverture de 4 lettres : rien de repréhensible.
Le 13 mars, rien ouvert.
Le 15 mars, ouvert une lettre : rien d'intéressant pour la chose publique.
Le 20 mars, rien trouvé d'intéressant.
Le 23 mars, une lettre est retenue pour être envoyée au département.
Le 25 mars, rien de suspect.
Le 27 mars, *idem*
Le 29 mars, ouvert une lettre. Non suspecte.
Le 12 avril, retenu une lettre.
Le 24 avril *Idem*
Le 28 avril *Idem*
Le 12 mai *Idem*

Nous ne connaissons malheureusement pas le contenu des lettres interceptées ; nous ignorons donc pour quels motifs elles furent saisies.

Les commissaires furent parfois en butte aux outrages de

1. District de Landerneau, Police et sûreté générale.
2. Délibérations du directoire du département, Reg. 22, f° 34

certains destinataires de lettres examinées. Morvan, commissaire à Carhaix, rend compte au département « qu'il avait été injurié par le citoyen Grace parce qu'il avait décacheté une lettre à lui adressée et venant de Vannes, région en insurrection ». Il ajoute : « je n'ai jamais crû avoir monté au grade de père inquisiteur, mais je me suis toujours persuadé qu'il était de mon devoir, pour bien répondre à la grande confiance que vous avez placée en moi, d'agir avec le zèle et l'impartialité qui distinguent le vrai républicain. Tracez-moi, citoyens, une instruction claire qui soit dans le cas de m'éviter désormais des injures pour avoir rempli mon devoir » (1).

Les commissaires nommés dans les localités dépourvues de bureaux de poste exposent leur perplexité pour remplir leur mission. « Nous acceptons avec reconnaissance », disent ceux de Pont-l'Abbé, « la marque de confiance que vous voulez bien nous donner ; mais, pour nous mettre à même de nous en acquitter avec toute l'exactitude, le zèle et la prudence dont nous sommes capables, il faudrait que vous puissiez établir ici un bureau de poste ». Il est évident qu'il était parfaitement illusoire d'essayer d'organiser un contrôle quelconque en dehors des bureaux.

Si l'examen de leurs correspondances exaspérait quelques personnes, il y en avait d'autres qui demandaient aux commissaires de retenir « pour être renvoyées au bureau des rebuts, des brochures inconstitutionnelles qui leur étaient adressées ». De ce nombre était Théophile-Marie-Alexandre Laënnec, juge au tribunal du district de Quimperlé (2), qui sollicitait cette mesure « pour ne pas être exposé à être dénoncé pour avoir des relations avec les adversaires du régime, émigrés ou réfractaires, et auxquels il ne faut pas donner le singulier privilège d'épuiser nos petites finances privées par leur impertinente écrivasserie » (3).

Jusqu'ici, l'initiative des mesures de contrôle est venue des autorités départementales ; le gouvernement ne les a ni approuvées ni improuvées. Après la trahison de Dumouriez et devant les

1. Police générale, Affaires diverses.
2. Père du célèbre docteur Laënnec, l'inventeur de l'auscultation.
3. District de Quimperlé. Police et sûreté générale.

menaces extérieures, le premier comité de salut public prit, le 28 avril 1793, l'arrêté suivant (1).

Aucun citoyen, dans un danger si éminent, ne peut réclamer le secret de ses lettres et de sa correspondance, lorsque le salut de la Patrie en exige impérieusement l'ouverture et la communication.

Toutes les lettres venant de l'étranger seront ouvertes.

Il sera écrit à tous les corps administratifs pour leur recommander de déléguer à des citoyens d'un civisme reconnu et bien épuré, la fonction d'ouvrir les lettres venant de l'étranger dans les divers bureaux de la République et de rendre compte au Comité de Salut public de toutes les lettres et correspondances suspectes, en leur recommandant la prudence et la circonspection qu'exigent ces fonctions, sans retarder le service et surtout sans entraver les affaires d'administration et la correspondance du Conseil exécutif.

Le 9 mai 1793, le même Comité de salut public prenait encore un arrêté relatif aux lettres chargées ou non chargées, à l'adresse des personnes portées sur la liste des émigrés (2) :

Art. I. — Dans tous les lieux où il existe des bureaux de poste, deux officiers municipaux ou deux membres du conseil général de la commune, nommés à cet effet par le conseil, se transporteront chez le directeur, et vérifieront s'il n'existe point de lettres chargées ou non chargées à l'adresse des personnes portées sur la liste des émigrés.

II. — Ces commissaires dresseront procès-verbal du nombre de ces lettres, et des noms des personnes émigrées auxquelles elles seront adressées ; ils en donneront décharge au directeur, au bas d'un double procès-verbal qu'ils lui délivreront sur le champ.

III. — Il sera de suite procédé en l'hôtel commun, à l'ouverture de toutes les lettres et paquets, en présence du conseil général de la commune ; il en sera dressé procès-verbal, ainsi que de ce qu'ils pourroient contenir de relatif au salut de la république, et des objets de valeur réelle qu'ils pourroient renfermer.

IV. — Les objets de valeur réelle en assignats, seront aussitôt versés entre les mains du receveur de la régie des domaines de la république le plus voisin du bureau, lequel sera tenu d'en donner sa reconnaissance au bas du procès-verbal.

V. — Les effets à ordre et tous autres actes et titres de propriétés mobiliaires ou immobiliaires, seront déposés aux archives du district, avec expéditions doubles de tous les procès-verbaux et reçus ; l'un des doubles demeurera aux archives du district et l'autre sera envoyé par l'administration du district à celle du département.

VI. — Les effets à ordre ou autres actes portant sommes au profit des personnes émigrées, seront acquittés à la diligence du procureur-syndic, et le montant en provenant sera versé entre les mains du receveur de la régie ; le tout conformément aux lois ci-devant rendues et relatives à la régie des biens et revenus des émigrés.

Après les événements du 31 mai, des 1er et 2 juin, la commune de Paris exerçait une surveillance sur les correspondances émanant

1. District de Morlaix, Police et sûreté générale.
2. Belloc, *Les postes françaises*, p. 303.

de la Convention nationale elle-même. C'est ce que nous apprend une délibération du directoire du département du Finistère, en date du 26 juin 1793 (1) :

Les administrateurs, accompagnés de La Hubaudière, s'étant trouvés au bureau de poste de Quimper au moment de l'ouverture des dépêches, remarquèrent une lettre à l'adresse du citoyen Expilly, évêque du Finistère, timbrée *Convention nationale*, fermée par le moyen d'un pain à cacheter et recachetée avec de la cire d'Espagne rouge, d'un sceau, portant pour empreinte *Révolution du 31 mai 1793*.

Le citoyen Expilly ayant ouvert devant eux sa lettre, il a observé et leur a fait voir qu'au premier alinéa, il y avait au mot *juste*, un renvoi d'une écriture étrangère et visiblement différente de celle du corps de la lettre, contenant ces mots : *c'est-à-dire très injuste, dit une fois pour toutes.*

Et comme il résulte de ce fait une violation odieuse du secret des lettres, les administrateurs soussignés ont dressé un procès-verbal qui fut déposé sur le bureau du Conseil général, lequel, considérant qu'il importe que la République entière soit enfin instruite de tous les genres de crimes commis chaque jour par les autorités anarchiques de Paris, arrête que ledit procès-verbal et le présent seront imprimés et envoyés à tous les départements.

Pour comprendre l'indignation des administrateurs du Finistère, qui ne se souvenaient plus sans doute des récentes mesures de surveillance prises par eux-mêmes, il faut surtout se rappeler avec quelle violence, quelle âpreté et aussi, il faut bien le dire, avec quelle singulière méconnaissance des nécessités politiques et patriotiques du moment, ces mêmes administrateurs soutinrent la révolte fédéraliste contre les Montagnards et la commune de Paris (2).

Des représentants du peuple en mission essayèrent de corriger les abus commis par certains commissaires, en précisant et en limitant leurs prérogatives. Pocholle et Carrier publièrent à cet effet, à Rennes, le 14 septembre 1793, l'arrêté suivant (3) :

Considérant que si, dans les moments de crise qui ont menacé la République, la surveillance la plus scrupuleuse sur la correspondance des citoyens étoit une mesure impérieusement exigée par le salut public, il seroit criminel de s'en

---

1. Délibération du directoire du département, Reg. 15, f° 145.

2. Ajoutons que l'administration départementale paya son adhésion au mouvement fédéraliste par l'immolation de vingt-six de ses membres sur l'échafaud du tribunal révolutionnaire de Brest. Leurs intentions étaient cependant pures ; leur bonne foi et leur patriotisme, inattaquables. S'ils ne bénéficiè ent point des mesures de clémence accordées à d'autres départements tout aussi coupables que le Finistère, c'est qu'ils furent poursuivis par la haine et les désirs de vengeance de misérables comparses.

3. Délibérations du district de Quimper ; Reg. 7, f° 101.

servir pour favoriser les complots des traitres et des fédéralistes et empêcher la vérité d'approcher des mandataires du peuple et de ses principaux agents ; sans approuver les mesures qui ont pu être prises à cet égard par diverses administrations, Arrêtent que les lettres adressées à la Convention, aux ministres, aux Représentants du peuple en mission dans les départements, ne seront sujettes à aucune surveillance, rendent les commissaires délégués par les administrations à l'examen des lettres et les directeurs des postes responsables de toute infraction qui pourroit être faite au présent arrêté, comme d'un délit national.

Certains commissaires abusaient effectivement de leur fonction. Morvan, commissaire à Carhaix, que nous avons déjà vu se plaindre des injures reçues du destinataire d'une lettre interceptée, « avait tout simplement transformé une des salles du district en cabinet noir, et là, avec son acolyte, il prenait à loisir communication de toutes les correspondances indistinctement ». Mis au courant de ce manège, le procureur-général-syndic du département voulut mettre un terme à cette véritable inquisition, en écrivant aux indiscrets, le 24 avril 1793 (1) :

Toutes les lettres chargées ou non sont emportées au district. On en permet la lecture. Cette manière d'exécuter l'arrêté du Département est contraire à tous les principes, à toutes les bienséances, compromet la sûreté du commerce, le secret des familles... Je vous invite, en conséquence, à ne pas changer une mesure de sûreté, utile en elle-même, en une mesure d'inquisition odieuse et révoltante... Qu'ils se bornent à l'inspection des lettres véritablement suspectes, soit à raison des lieux d'où elles viennent, soit par la qualité des personnes à qui elles sont adressées ». Les deux commissaires apprirent que leur conduite avait été signalée au département par le procureur-syndic du district ; ils manœuvrèrent si bien auprès des autres membres du district, qu'ils firent mettre le procureur-syndic en arrestation dans son bureau. L'autorité départementale dut envoyer deux de ses administrateurs à Carhaix pour faire rendre la liberté au procureur-syndic ; ils remplacèrent les membres du district qui s'étaient laissés circonvenir par Morvan et ses affidés. Quant à Morvan, il dut sans doute promettre d'apporter plus de circonspection dans l'accomplissement de sa mission, car on ne voit pas qu'elle lui fut retirée.

Comme corollaire à la terrible loi des suspects votée par la Convention nationale le 17 septembre 1793, la Commission administrative du Finistère (2) prit, le 6 octobre, un arrêté nommant de nouveaux commissaires chargés de vérifier dans les bureaux

---

1. P. Hémon, *Carhaix et le district de Carhaix pendant la Révolution*, p. 137 et suiv..

2. Administration composée d'un membre de chacun des neuf districts du département, chargée par les représentants de remplacer les autorités départementales décrétées d'accusation et emprisonnées.

de poste les lettres et paquets adressés aux personnes portées sur les listes de suspects. Cet arrêté portait :

Article premier. — Toutes les lettres et paquets de quelques endroits qu'ils partent, adressés à des personnes suspectes, seront interceptés.

II. — Des commissaires de surveillance nommés par la Commission administrative se transporteront, à l'arrivée de chaque courrier au bureau de poste de leur résidence et concourreront avec le directeur au triage des paquets. Ils arrêteront ceux désignés ci-dessus et en feront ouverture.

III. — Si les lettres ne contiennent rien de suspect, les commissaires les remettront ou les feront parvenir à leurs adresses ; dans le cas contraire, ils retiendront les lettres et paquets et en rendront compte à la Commission administrative qui statuera ainsi qu'elle verra.

IV. — Les commissaires de surveillance agiront ainsi qu'il est prescrit dans les articles énoncés, à l'égard des bureaux de messagerie et de tous autres où l'on pourrait adresser les lettres et paquets venant par mer.

V. — Les directeurs des postes faciliteront de tout leur pouvoir, aux commissaires de surveillance, les moyens d'assurer leur inspection.

VI. — Les commissaires de surveillance apporteront de leur côté le zèle et la prudence nécessaires pour exercer dans leurs fonctions la surveillance la plus active et la plus étendue.

VII. — Ils correspondront avec la Commission administrative sans aucun intermédiaire et il est enjoint à toutes les administrations de districts et municipalités du ressort de les reconnaître et de leur prêter, en toutes occasions tous secours et assistance pour l'exécution du service qui leur est confié.

Et procédant au choix des commissaires de surveillance, la Commission administrative a nommé :

A *Lesneven* : Castaignet, Balaguier.
Carhaix : Valette.
Morlaix : Bouestard.
St-Pol : Trobert.
Brest : Guevel.
St-Renan : Mevel.
Châteaulin : Boué.
Quimper : Boutibonne.
Rosporden : Le Beau, maire.
Pont-Croix : Le Corre, maire.
Audierne : Maubras.
Pont-l'Abbé : Conan.
Landivisiau : Jacquelin fils.
Quimperlé : Bienvenu.

Cette fois, la prépondérance est donnée aux membres des comités révolutionnaires, et la plupart de ces commissaires seront des terroristes notoires. Ils prendront le pas sur les commissaires déjà en fonction, dont les pouvoirs n'ont pas été rapportés. Les bureaux de poste seront envahis, à l'arrivée des courriers, par une demi douzaine de délégués, plus jaloux les uns que les autres

de leurs prérogatives ; leur nombre sera encore augmenté lorsque les sociétés populaires obtiendront des représentants du peuple, comme à Brest, un arrêté leur permettant de surveiller elles-mêmes les correspondances expédiées par la poste (1).

A Brest, une lettre écrite par l'officier de marine de Montécler à sa mère et qualifiée « d'anti-civique », fut interceptée et servit de base à l'accusation portée contre lui au tribunal révolutionnaire, qui le condamna à mort (2). A Landerneau, le 24 frimaire an II (14 décembre 1793), une lettre venant d'Auray, adressée à Caroline de Lantivy, fut ouverte et, « vu que cette lettre contenait des motifs suffisants de surveillance publique », la destinataire fut mise en arrestation provisoire.

Le 5 germinal an II (25 avril 1794), les commissaires de Morlaix rendent compte de la saisie de deux lettres à l'adresse des dames Beaumont et Barrière et ajoutent : « Nous avons crû que cette communication pouvait être utile à l'intérêt de la République qui exige impérieusement que les coupables soient punis ».

En ventôse an II, le comité révolutionnaire de Blaye signalait au comité de Landerneau « les détournements considérables de fonds qui avaient été faits dans plusieurs bureaux de poste au détriment des négociants de Blaye » (3).

A St-Brieuc, les membres du comité saisissent au bureau des messageries une somme de 2.355 francs adressée à la femme Du Boisguehenneuc, sous prétexte « qu'elle n'aurait pu en faire qu'un mauvais usage » (4).

Devant les plaintes portées contre les abus, le Comité de sûreté générale adressa, le 19 thermidor an II (6 août 1794), la circulaire suivante aux agents nationaux des districts (5) :

Il nous est parvenu quelques plaintes, citoyens, sur des inconvénients qui se sont glissés dans l'ouverture des lettres que se sont fait remettre les comités de surveillance, lorsqu'elles étaient adressées à des détenus ou personnes sus-

1. Levot, *Brest pendant la Terreur*, p. 220.
2. *Id.*, p. 203.
3. Du Châtellier, *Brest et le Finistère pendant la Terreur*, p. 51.
4. *Id.*, p. 50,
5. District de Lesneven, Police.

pectes. Pour éviter toutes réclamations à l'avenir, nous pensons qu'il est à propos que l'on observe les mesures ci-après :

1° Il sera donné un reçu au directeur de la poste des lettres ou paquets qui seront retirés de son bureau, pour êtres examinés par mesure de sûreté générale.

2e Il en sera fait ouverture en présence de la personne à laquelle les lettres ou paquets appartiennent ; en son absence, ou cas de détention, de son fondé de pouvoir, ou d'un juge de paix ou officier municipal.

3° Les lettres ou paquets qui devront être remis à leur destination seront rapportés au bureau de la poste, après avoir été refermés et scellés du cachet du comité de surveillance et des assistans ; et à l'égard des pièces de correspondance qui seroient trouvées suspectes et dans le cas de rester déposées au comité, il en sera fait mention sur le registre sans désemparer, ainsi que des sommes en assignats qui auroient été jointes.

Dans le but de mettre un terme aux mêmes abus, le conseil général du district de Quimper avait déjà pris, le 4 pluviose an II (23 février 1794), un arrêté similaire (1) :

D'après les plaintes réitérées parvenues à l'administration sur les abus qui se commettent dans la surveillance de la poste aux lettres ;

Considérant qu'il est de son devoir d'assurer par tous les moyens que la loi a mis à sa disposition, l'exactitude et la sûreté d'un service dont dépend souvent le repos et la fortune des citoyens, que le décret de la convention sur le gouvernement révolutionnaire donne aux administrations de districts la surveillance générale dans leur arrondissement.

Le Conseil général arrête : 1° que le citoyen Barazer ou en cas d'empêchement, le citoyen Valentin, sera chargé, avec un membre du comité de sûreté de la commune de Quimper, de la surveillance de la poste aux lettres de la dite commune ; 2° les municipalités de Concarneau, Pont-Libre (Pont-l'Abbe) et Rosporden nommeront chacune un de leurs membres pour, avec un membre des comités de sûreté des dites communes, exercer la même surveillance dans leur arrondissements respectifs ; 3° les dits commissaires ne pourront, sous aucun prétexte, procéder séparément au triage des lettres et à leur ouverture qui ne se fera, autant qu'il sera possible, qu'en présence des personnes à qui elles seront adressées ; 4° les lettres qui pourraient contenir quelque chose de contraire aux intérêts de la République seront sur le champ déposées aux comités de surveillance pour être par lui pris telles mesures qu'il jugera convenable, les autres seront à l'instant renvoyées à leur adresse...

Il est toujours vrai que les meilleures armes deviennent empoisonnées quand on en confie l'usage à des gens mal-intentionnés et dépourvus de tout scrupule. Et c'est encore Carhaix qui nous en fournira des exemples. Le dernier commissaire de contrôle nommé dans cette ville, Honoré Valette, était un personnage équivoque, de moralité douteuse, mais ambitieux et entreprenant. Ses vues et ses désirs étaient contrecarrés par le procureur-syndic du district Allain-Launay, qu'il ne tarda pas à ranger

1. Délibérations du district de Quimper, Reg. 11, f° 91.

dans la catégorie des suspects et dont il fallait surveiller de près la correspondance. « Grâce à la complicité ou plutôt à la naïveté d'un sieur Guillaume le Floch, postillon, courrier de Quimper à Carhaix, et d'un sieur Rallec, de cette localité, il intercepta plusieurs lettres adressées à Allain-Launay, en prit connaissance et copie ». Précisément dans ces lettres, écrites par le secrétaire général de la Commission administrative, le Goëz, celui-ci émettait des appréciations très défavorables sur le compte de Valette. Ses démarches auprès des représentants du peuple et de leurs délégués n'eurent aucun succès et, se sentant perdu, il se hâta de quitter le pays. Cette fois du moins, les agissements inconsidérés d'un commissaire se retournaient contre lui (1).

Dans cette ville de Carhaix, le contrôle postal était vraiment effectué dans des conditions extraordinaires. Un des commissaires, nommé en 1792, Veller cadet, « homme presqu'illettré et d'une intelligence plutôt au-dessous de la moyenne », avait intercepté une correspondance adressée à l'ancien maire de Carhaix, le Gogal-Toulgoët, et émanant d'un négociant de Bordeaux. Cette correspondance était insignifiante ; « mais le commissaire n'y comprit absolument rien, et se figurant qu'il y comprenait quelque chose, s'ingénia à y démêler la trame d'un noir complot contre la sûreté de l'Etat, un véritable projet criminel d'accaparement ». Le Gogal-Toulgoët fut arrêté, jeté en prison, d'où il ne sortit que plusieurs mois après (2).

Ces faits ne nous montrent que les résultats néfastes du contrôle. Il est cependant certain que la surveillance postale permit de découvrir, d'annihiler et de réprimer plus d'un complot contre le nouveau régime. Malheureusement les documents ont été versés aux dossiers des tribunaux répressifs, surtout aux dossiers du tribunal révolutionnaire de Brest, conservés aux Archives nationales. Et l'impossibilité où nous nous trouvons d'étendre nos recherches dans ce fonds, laisse une lacune regrettable dans notre travail (3).

---

1. P. Hémon, *op. cit.*, p. 253 et s.

2. P. Hémon, *op. cit.*, p. 116 et suiv.

3. Levot, dans son ouvrage, *Brest pendant la Terreur*, fait mention de ces correspondances, à diverses reprises, lorsqu'il analyse les jugements rendus.

Pour essayer de déjouer la vigilance des commissaires, les émigrés firent usage d'une sorte de code secret. Un spécimen « des caractères dont on est convenu pour marquer les nouvelles » fut découvert par le juge de paix Jézéquel, à Morlaix, le 30 thermidor an II (17 juillet 1794), dans la maison d'une demoiselle Kerjégu. C'est la clef qui devait servir à la traduction des signes employés (1) :

Pour marquer qu'on est toujours en Allemagne, on marquera F. A.

Pour marquer combien de puissances se sont coalisées, on mettra autant de X que de puissances.

Pour marquer combien chaque puissance fournit d'hommes, on marquera autant de G que de vingt mille hommes.

Pour faire connaître combien vous seriez de Français, vous marquerez deux F et autant de G que de vingt mille hommes.

Pour marquer si l'armée avance avec progrès et sans résistance, vous marquerez BB.

Si l'on est victorieux, vous marquerez VV.

Comme on le voit, la combinaison était aussi simple qu'ingénieuse.

Les prêtres français réfugiés en Espagne essayèrent divers moyens pour rendre possible leur correspondance avec leurs familles, sans compromettre la sécurité de celles-ci et pour dépister les autorités françaises. « Ils conseillent d'user d'un langage conventionnel, de termes de commerce ; ils indiquent certains procédés de correspondance secrète : Empruntez plutôt un nom ou une main étrangère ; vous pouvez aussi vous servir du jus d'oignon pour écrire ce que vous n'oseriez déclarer tout haut. Rien ne paraît, et en approchant du feu, on peut lire tout ce qui est écrit » (2).

Le 11 mai 1793, Bouestard, commissaire à Morlaix, avise le département « que les suspects se servaient de la voie de la messagerie pour se communiquer leurs projets ; on sait même que

---

1. Comité de surveillance de Morlaix. — La perquisition faite chez Mlle de Kerjégu amena la saisie de diverses correspondances d'émigrés. Traduite au tribunal révolutionnaire de Brest, elle fut condamnée à mort, le 13 thermidor an II (31 juillet 1794), sous l'inculpation « d'avoir entretenu en 1792 des correspondances criminelles avec les ennemis intérieurs et extérieurs du peuple français, en leur faisant passer des secours en argent pour faciliter leurs projets liberticides » (cf. Levot, *Brest pendant la Terreur*, p. 363).

2. J. Rouxel, *Un prêtre déporté en Espagne* (*Revue morbihannaise*, 1910, p 162).

cette correspondance se tient aujourd'hui par le moyen de toiles sur lesquelles on écrit avec une sorte d'encre sympathique qui ne devient visible qu'à l'aide d'une lumière interposée derrière la toile » (1).

On fit certainement usage d'autres moyens, qui ne nous ont pas été révélés ; mais la perspicacité des agents du contrôle était au moins égale à l'ingéniosité des correspondants.

Quand le régime de la Terreur prit fin et lorsque les comités de surveillance furent supprimés, au début de 1795, les rigueurs du contrôle postal se relâchèrent. Nous voyons cependant, en juin 1795, le conseil municipal de Brest retenir les lettres écrites par les terroristes détenus à la prison du château (2).

Au début de 1796, la chouannerie s'étant rallumée en Bretagne, le directoire exécutif ordonna la remise en vigueur des mesures de surveillance dans les régions insurgées, par l'arrêté suivant, en date du 27 nivôse an IV (17 janvier 1796) (3) :

Article 1er. — Dans les bureaux de poste les plus limitrophes des communes sous la domination des chouans, tout paquet ou lettres venant de ces communes ou destinés pour elles seront retenus.

II. Ils seront ouverts journellement et lus en présence de deux commissaires nommés par les départements dans l'arrondissement duquel seront situés les bureaux de poste dont il s'agit.

III. Ces commissaires saisiront les lettres et paquets qui leur offriront des objets dangereux et contraires à la chose publique, dresseront sur le champ procès-verbal des lettres et paquets saisis, et adresseront le tout au ministre de l'intérieur.

IV. Les citoyens des communes au pouvoir des brigands pourront venir ou envoyer trier aux dits bureaux les lettres ou paquets à leur adresse ; ils leur seront remis s'il y a lieu après avoir été lus comme il est dit dans l'article précédent.

V. Les dits commissaires laisseront suivre pour l'intérieur des lettres ou paquets dont le contenu ne leur aura présenté rien de préjudiciable pour la chose publique ».

Les dispositions ci-dessus furent supprimées par un autre arrêté du directoire, le 4 messidor an V (22 juin 1797) :

Considérant que les motifs qui ont déterminé l'arrêté du 27 nivôse an IV relatif à la surveillance à exercer sur les lettres allant et venant dans les départements ci-devant insurgés n'existent plus, d'après la pacification de ces dépar-

1. District de Morlaix, Police.
2. *Délibérations du conseil municipal de Brest*, t. II, p. 360.
3. Enregistrement de diverses décisions, Reg. 177, f° 47.

tements et qu'un des moyens les plus efficaces de concilier les esprits et de faire germer dans ces départements l'amour de la liberté et de la République est de faire jouir les administrés de ces diverses contrées des douceurs et des bienfaits de la constitution de l'an III, l'arrêté du Directoire exécutif en date du 27 nivôse an IV... est rapporté.

Après le coup d'état du 18 fructidor an V (4 septembre 1797), le ministre de la police générale prescrivit aux commissaires du directoire exécutif près les administrations municipales où étaient situés les bureaux de poste, « d'ouvrir les paquets adressés en Italie, en Espagne, ainsi que ceux qui en viendraient ; dans le cas où cette correspondance serait établie avec des déportés, des émigrés, ou pourrait intéresser la sûreté publique, il y avait obligation de la saisir ».

Conformément à ces instructions, l'administration centrale du Finistère écrivit aux divers commissaires, le 30 fructidor an V (16 septembre 1797) (1) :

Aussitôt ma lettre reçue, vous vous rendrez au bureau des postes de votre ville, vous demanderez la représentation de toutes les lettres allant ou venant de l'étranger, dont vous ferez ouverture. Si elles contenoient quelques correspondances d'émigrés, ou quelque chose de propre à faire découvrir les manœuvres des ennemis intérieurs ou extérieurs du gouvernement républicain, vous me les adresserez. Vous devez garder sur cette mesure le secret le plus inviolable et en profiter pour faire saisir les émigrés rentrés.

L'exécution de ces mesures paraît avoir rencontré des résistances de la part de certains directeurs de bureaux, car, le 2 thermidor an VI (20 juillet 1798), le ministre des finances écrivait à l'administration centrale du Finistère (2) :

On m'assure, citoyens, que le directeur de la poste aux lettres de Quimper se soumet difficilement aux dispositions des arrêtés du directoire exécutif sur l'ouverture et l'examen des lettres de et pour l'étranger ; on présume même qu'il renvoye partie des lettres à leur adresse avant qu'elles aient été visitées par le commissaire du directoire exécutif chargé de ce soin, sous prétexte qu'on ne lui tient pas compte de celles interceptées, ce qui n'est point fondé puisqu'il a été décidé que la taxe des lettres ainsi retenues sera passée en non-valeur dans les comptes du directeur. Veuillez, citoyen, vérifier ces faits, prendre d'ailleurs des renseignements détaillés et positifs sur la moralité et la conduite politique du directeur dont il s'agit et me les transmettre.

Le ministre avait été mal informé, et l'administration départementale se hâta de lui transmettre toutes assurances à ce sujet.

---

1. Correspondances du département, Reg. 112, f° 181.
2. Département, dossier Postes et messageries.

Cependant les imputations contre le directeur de Quimper se renouvellent ; le 14 pluviôse an VII (2 février 1799), le commissaire du département avise le commissaire de la municipalité que « le gouvernement lui transmet la preuve constante de la facilité avec laquelle les lettres partant de Quimper et adressées à des prêtres déportés, parviennent à leur destination ». Il lui enjoint de se conformer strictement aux arrêtés « et d'adresser au ministre toutes les lettres écrites par des émigrés ou des prêtres, ou contenant des renseignements utiles au gouvernement » (1).

Le 2 brumaire an VIII, le ministre de la police générale signale au commissaire du département « qu'en fermant les lettres de ou allant à l'étranger, plusieurs commissaires apposent leur visa, leur signature et leur cachet sur celles qu'ils jugent dans le cas d'être envoyées à leur destination. Cette formalité est contraire à l'esprit de la loi ; la visite des lettres de ou pour l'étranger doit être secrète pour être fructueuse » (2).

La surveillance des journaux et écrits périodiques fut ordonnée par le ministre de la police par circulaire datée du 13 vendémiaire an VI (4 octobre 1797). Le commissaire du département transmit cette circulaire aux commissaires des municipalités, en l'accompagnant de la lettre suivante (3) :

> Le ministre de la police générale me charge de porter ma surveillance active sur les journaux, soit manuscrits, soit imprimés, qui se feroient dans le département et d'en arrêter la circulation en les supprimant au bureau des postes, s'ils attaquoient la constitution de l'an trois, ou contenoient quelque ferment de ces haines et de ces discordes que vouloient allumer les journalistes.

Tels sont les documents que nous avons pu recueillir sur l'histoire du contrôle postal dans le Finistère pendant la Révolution. Comme on l'a vu, notre rôle s'est borné à relier entre elles des pièces authentiques et à rappeler en quelques mots les événements d'histoire générale qui ont déterminé les mesures prises pour surveiller les correspondances.

---

1. Correspondances du département, Reg. 117, f° 13.
2. *Id.*, f° 94.
3. Correspondances du département, Reg. 112, f° 187.

LA LOCALISATION
DES RUPTURES DE CABLES SOUS-MARINS
PAR DES MESURES AU FAUX ZÉRO,

par M. BAYARD,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Les localisations des ruptures de câbles sous-marins par des mesures au faux zéro, effectuées jusqu'à présent en appliquant la loi de Kennelly, sont fréquemment erronées. Le but de l'étude suivante est de remédier à ce défaut.

Dans la première partie, on rappelle quelques généralités sur les ruptures de câbles sous-marins et leur localisation et l'on expose une tentative d'explication des phénomènes.

La deuxième partie présente les résultats d'une étude pratique des mesures au faux zéro effectuée sur des ruptures artificielles de dimensions très différentes.

Dans la troisième partie, est présentée une nouvelle méthode de localisation, basée sur les mesures au faux zéro, méthode qui paraît susceptible de donner, dans les cas les plus différents, des résultats satisfaisants.

Les développements mathématiques nécessaires pour donner aux conclusions toute leur rigueur ont été reportés en appendice.

I. Introduction.

I, 1. Localisation des ruptures de câbles sous-marins. — Les câbles sous-marins isolés à la gutta-percha sont, en général, du moins les câbles longs et placés en mer profonde, à un seul conducteur.

En cas de rupture, la méthode classique de la boucle ne peut être employée. La seule mesure possible est celle de la résistance

apparente entre l'entrée du câble et la terre, c'est-à-dire la résistance du conducteur jusqu'à la rupture augmentée de la résistance apparente de cette rupture, en observant au besoin l'intensité du courant qui entre dans le câble.

Pour localiser la rupture, c'est-à-dire déterminer la résistance du conducteur jusqu'au point de la rupture, il est nécessaire d'éliminer la résistance apparente de la rupture. Or celle-ci dépend de plusieurs circonstances, les unes inconnaissables, telle que la surface de cuivre en contact avec l'eau de mer, les autres mesurables, telle que l'intensité du courant qui passe par la rupture ; elle dépend, de plus, du mode opératoire. L'élimination de la résistance apparente de la rupture repose donc sur la connaissance des lois, selon lesquelles elle varie, c'est-à-dire sur l'étude des phénomènes électriques qui ont leur siège au contact d'une électrode de cuivre plongeant dans l'eau de mer.

I, 2. Description des ruptures. — La rupture se produit généralement sous l'action d'une traction qui s'exerce sur le câble, après l'usure des fils de fer de l'armature. Le cuivre et la gutta-percha s'allongent avant de se rompre ; après la rupture, l'isolant se rétracte en partie et, par suite, les deux bouts de cuivre (ou l'un d'eux au moins) plongent dans l'eau de mer sur une longueur plus ou moins grande. On observe, le plus couramment, des longueurs comprises entre 20 et 30 millimètres. Si les strictions précédant les ruptures du cuivre et de la gutta ne se produisent pas au même point, ces longueurs sont très inégales. Il arrive même que, d'un côté de la rupture, le bout de cuivre soit enrobé dans un manchon de gutta, que la pression de l'eau scelle plus ou moins hermétiquement sur le conducteur. La surface de cuivre exposée à l'eau de mer peut donc être très petite.

Pour fixer les idées, la surface d'une rupture qui présente une longueur de 20 millimètres de toron de cuivre d'âme 59/59 (1) est comprise entre 150 et 300 millimètres carrés, suivant que le toron est plus ou moins disloqué.

---

1. C'est-à-dire composée de 59kg de cuivre et de 59kg de gutta par mille nautique (1852 mètres).

I, 3. Caractère physique de la résistance d'une rupture. — Pour mesurer la résistance d'un câble rompu, on prend généralement la terre sur l'armature du câble. La résistance mesurée est donc celle de l'ensemble représenté schématiquement par la figure 1 entre les bornes C et T.

Si, pour fixer les idées, le sens positif du courant est le sens de T vers C, le courant entre par l'armature et se diffuse très rapidement dans la masse de l'eau de mer, de telle sorte que la résistance de la partie de l'armature parcourue par le courant est négligeable.

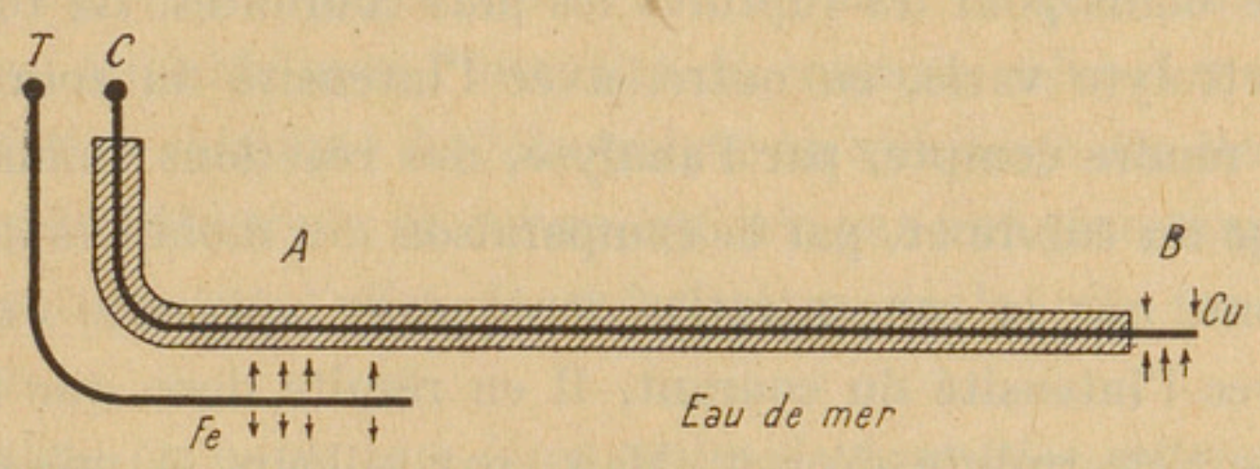


Fig. 1.

Le courant atteint le cuivre de la rupture B et se ferme par le conducteur du câble. Entre le point où le courant quitte le fer de l'armature et le cuivre de la rupture, la conduction est de nature électrolytique, c'est-à-dire que le courant se manifeste par l'afflux d'anions vers le fer et de cathions vers le cuivre. Les anions chlore forment un chlorure ou un oxychlorure de fer et les cathions sodium déplacent des molécules d'hydrogène [1], qui se dégagent en bulles ou se dissolvent partiellement dans le cuivre.

La résistance entre les bornes C et T n'est donc pas une simple résistance ohmique parfaitement définie. Elle comprend, en série, la résistance x du conducteur jusqu'à la rupture, la résistance de contact entre le cuivre dénudé à la rupture et l'eau de mer, la résistance de l'électrolyte, la résistance de contact entre l fer de l'armature et l'eau de mer et la résistance du fer de l'armature.

Sauf des cas exceptionnels, la *résistance du fer* de l'armature

1. Un courant d'un milliampère dégage en une seconde environ un millimètre cube d'hydrogène (à la pression atmosphérique).

et la *résistance de contact* du fer avec l'eau de mer sont négligeables, car il est évident que le courant s'échappe de l'armature près de l'atterrissement et sur une surface relativement grande.

La *résistance de l'électrolyte* est absolument négligeable tant qu'il présente aux lignes de courant une section notable, c'est-à-dire partout, sauf au voisinage immédiat de la rupture. Cette résistance est calculée à l'Appendice 1. Malgré les hypothèses simplificatrices faites, on peut admettre les résultats comme valables, du moins pour l'ordre de grandeur. Ces résultats sont de quelques ohms pour les ruptures les plus courantes. La résistance de l'électrolyte varie, en outre, avec l'intensité du courant. On peut se rendre compte, par l'analyse, des réactions chimiques au voisinage du cuivre et, par la comparaison des mobilités des différents ions, que la concentration ionique au voisinage du cuivre croît avec l'intensité du courant. Il en résulte donc que la résistance de l'électrolyte décroît. Mais, par ailleurs la présence des bulles d'hydrogène augmente la résistance. En définitive, la résistance de l'électrolyte apparaît comme faible et n'intervient que pour une part peu notable dans la valeur de la résistance des ruptures.

L'effet le plus important paraît donc être celui que produit le passage du courant de l'électrolyte dans le cuivre. Cet effet est analysé à l'Appendice 2. Il correspond à une *résistance de contact* qui dépend de la densité de courant et qui, lorsque l'intensité croît, décroît un peu moins vite que l'inverse de cette intensité.

Entre les bornes C (entrée du câble) et T (terre de l'armature), on constate également l'existence d'une différence de potentiel, même si aucune force électromotrice n'est appliquée entre ces bornes. Cette différence de potentiel est la somme de plusieurs forces électromotrices ou contre-électromotrices de natures différentes : une différence de potentiel *tellurique*, une force électromotrice de *pile* et une force contre-électromotrice *voltaïque*.

Entre les points A (atterrissement du câble) et B (lieu de la rupture), qui peuvent être éloignés de plusieurs centaines de kilomètres, il peut y avoir une différence de potentiel *tellurique*, qui peut atteindre plusieurs volts surtout si le câble est orienté est-

ouest. Cette différence de potentiel est variable, parfois très rapidement, et de façon capricieuse ; mais elle ne dépend évidemment pas des conditions physiques de la rupture.

D'autre part, la suite fer-eau de mer-cuivre constitue une *pile*, dont la force électromotrice est d'environ $0^{v},4$ (le cuivre étant le pôle positif) ; cette pile est donc en opposition avec la pile de mesure lorsque les essais sont faits avec le négatif sur le câble. Il est à noter que cette force électromotrice n'intervient pas si la terre est prise non sur l'armature d'un câble mais sur une masse de cuivre immergée dans l'eau de mer. Cette force électro motrice est variable avec l'intensité du courant, celui-ci modifiant la composition chimique de l'électrolyte au voisinage des électrodes (au moins de l'électrode de cuivre, qui n'a pas une grande surface). Cette variation est l'effet de polarisation de la pile fer-eau de mer-cuivre.

Il existe en outre une *force contre-électromotrice voltaïque*, qui apparaît avec le passage du courant, ou plus exactement avec la décomposition de l'électrolyte. Sa valeur est d'environ 1 volt.

Il est à noter que la mesure en circuit ouvert de la différence de potentiel entre le câble et la terre donnerait seulement la somme de la différence de potentiel *tellurique* et de la force électromotrice de la *pile*. La force contre-électromotrice voltaïque n'apparaîtrait pas.

Le passage du courant de T à C fait donc apparaître une force contre-électromotrice voltaïque ; mais il produit en outre une *polarisation* de la rupture qui se réalise de deux façons : d'une part, dans l'électrolyte, car, au voisinage de la surface de contact, la composition chimique est modifiée par la présence de bulles d'hydrogène, par la formation de soude caustique et par suite de la différence des vitesses de diffusion des ions ; d'autre part dans le cuivre, où elle peut être attribuée à deux causes : d'abord la dissolution d'hydrogène dans le cuivre, ensuite la nécessité de fournir une énergie *potentielle* aux électrons de la couche électrique superficielle pour que ceux qui s'en échappent le fassent avec une vitesse φ_0 (Appendice 2).

Lorsque cesse le passage du courant, ou bien lorsque son inten-

sité est brusquement changée, ces différentes forces électromotrices de polarisation ne disparaissent pas instantanément, mais seulement lorsque la répartition des ions est redevenue uniforme et que l'hydrogène, libre ou dissous dans le cuivre, s'est entièrement dégagé.

La description sommaire qui précède montre la complexité du phénomène, lequel exige une grande prudence dans la réalisation des mesures et surtout dans leur interprétation.

Nous avons considéré jusqu'à présent le cas où le sens positif du courant est le sens de T à C, c'est-à-dire le cas où la polarité de la pile de mesures, qui est appliquée au câble, est la négative.

Dans le cas contraire, la description du phénomène est analogue, sauf que l'électrode de faible surface constituée par la rupture est *anode*. L'électrolyse de l'eau de mer produit alors un chlorure ou oxychlorure cuivreux, peu soluble dans l'eau de mer et peu conducteur. L'état de la surface de la rupture est donc variable et ne dépend pas seulement de la densité de courant. Il en résulte l'impossibilité générale de localiser une rupture de câble sous-marin lorsque le cuivre exposé est anode.

I, 4. Modes opératoires pour les mesures de résistance des ruptures. — Les mesures de résistances sur les câbles sous-marins rompus se font au moyen du pont de Wheatstone, en intercalant au besoin une résistance connue en tête du câble et une résistance dans la branche de pile destinée à donner à l'intensité du courant dans le câble une valeur convenable. Les bras de proportion du pont sont toujours égaux.

On opère de façon à appliquer au câble la polarité négative de la pile de mesure, afin que le cuivre de la rupture soit une cathode.

La recherche de l'équilibre peut se faire suivant trois modes différents : *vrai zéro, faux zéro* et *courant réduit.*

Equilibre au vrai zéro. — La résistance d'équilibre du pont est réglée de façon que l'intensité du courant dans le galvanomètre soit nulle. Elle est évidemment égale à :

$$R_v = x + r + \frac{e + v + w}{i},$$

où l'on appelle :

i l'intensité du courant qui entre dans le câble,

x la résistance du câble jusqu'à la rupture,

r la résistance réelle de la rupture,

e la force électromotrice en circuit ouvert,

v la force contre-électromotrice voltaïque,

w, la force contre-électromotrice de polarisation,

e étant prise positivement dans le sens qui tend à s'opposer au passage du courant d'essai.

Ce mode opératoire est facile et précis ; mais le résultat dépend des différentes forces électromotrices de la branche mesurée et peut être troublé très fortement lorsque la force électromotrice tellurique e est très variable.

Equilibre au faux zéro. — L'équilibre au faux zéro est réalisé lorsque, par un ajustement convenable de la résistance d'équilibre, le courant dans le galvanomètre est le même, que la pile de mesure soit en circuit ou qu'elle soit supprimée (remplacée par un court-circuit). On a alors, avec les notations précédentes :

$$R_f = x + r.$$

Ce résultat est démontré à l'Appendice 3 pour le cas où la force électromotrice contenue dans la branche à mesurer est constante. Dans les mesures sur câble rompu, il n'en est pas ainsi : la recherche de l'équilibre demande quelques précautions et le résultat exprimé par la formule précédente n'est pas rigoureux.

Deux phénomènes interviennent pour fausser le résultat : la dépolarisation de la rupture et la décharge du câble.

Dans le cas des ruptures très rapprochées, la capacité du câble peut être assez faible pour que l'effet de sa décharge soit inappréciable, surtout si l'on prend la précaution de mettre en tête du câble une résistance fixe de plusieurs centaines d'ohms. Dans ce cas particulier, l'effet de la dépolarisation peut être annulé par la méthode suivante, que nous appelerons *faux zéro instantané.*

Le galvanomètre étant laissé constamment en circuit, on observe le déplacement du spot quand on relève brusquement la clé de pile, ce qui a pour effet de remplacer la pile d'essais par un

court-circuit. Si la résistance d'équilibre R est trop petite, la déviation décroît d'abord très brusquement puis plus lentement jusqu'à zéro. Si la résistance R est trop forte, la déviation commence par croître, puis décroît lentement. A la limite entre ces deux cas, la déviation paraît initialement stable pendant une fraction de seconde, puis décroît lentement ; l'équilibre au *faux zéro instantané* est alors réalisé. Il est facile de démontrer (Appendice 4) que l'on a alors, comme si la force électromotrice était permanente :

$$R_f = x + r.$$

Si l'on opère au faux zéro instantané avec un câble dont la rupture est assez éloignée, l'effet de la décharge du câble est de conduire à une résistance d'équilibre inférieure à sa valeur théorique. L'erreur est d'autant plus faible que la capacité du câble est plus petite et que la surface de la rupture est plus grande.

Si le câble est trop long pour que le résultat fourni par l'équilibre au faux zéro instantané puisse être admis, on opère avec un *intervalle de faux zéro* suffisant pour que le câble soit déchargé, c'est-à-dire que l'on compare le courant galvanométrique avec la pile de mesure, au courant galvanométrique un certain laps de temps *après* que la pile de mesure a été enlevée, par exemple une seconde ou une demi-seconde.

Lorsque la pile est appliquée, le courant galvanométrique est bien défini et facilement observable. Il n'en est pas de même lorsque la pile est enlevée, car le courant galvanométrique décroît constamment d'intensité. On ne peut observer l'intensité de ce courant à un instant donné qu'en utilisant les propriétés balistiques du galvanomètre. On doit donc opérer de la façon suivante: La pile étant appliquée, on ouvre la clé du galvanomètre *pendant un temps très court* et l'on observe l'*élongation balistique* du spot ; ensuite, quand le spot est redevenu immobile au zéro, on enlève la pile et, une seconde après (par exemple), on ouvre de nouveau la clé du galvanomètre *pendant un temps très court*, comme précédemment et l'on observe l'*élongation balistique* du spot. Ce sont ces deux élongations, qui représentent des valeurs instantanées

de l'intensité du courant, qui doivent être comparées. La précision dans la manœuvre de la clé du galvanomètre est très importante, car il est évident que les durées d'ouverture de cette clé doivent être aussi rigoureusement égales que possible. C'est cette succession d'opérations que l'on appelle mesure au faux zéro (avec intervalle de faux zéro).

Le résultat ne dépend plus de la capacité du câble ; mais il dépend de la grandeur de l'intervalle de faux zéro, car la force électromotrice de polarisation diminue pendant cet intervalle. L'analyse faite à l'appendice 3 montre que le résultat est légèrement augmenté, d'une quantité assez faible mais qui varie en raison inverse de l'intensité. Cet écart est d'autant plus grand que l'intervalle de faux zéro est plus grand, et l'on peut écrire :

$$R = x + r + \theta \frac{w}{i},$$

où θ est un coefficient inférieur à l'unité et qui augmente avec l'intervalle de faux zéro.

Le mode opératoire au faux zéro demande donc, de la part de l'opérateur, un tour de main très précis, et le résultat dépend, quoique dans une faible mesure, de l'intervalle de faux zéro.

C'est pour obvier à ces inconvénients que la méthode des *courants réduits* a été imaginée. Cette méthode peut être considérée comme dérivée de la méthode du faux zéro, en ce sens que le courant qui traverse la rupture, au lieu d'être supprimé brusquement par suppression de la pile d'essai, est simplement réduit, dans un rapport donné, par l'introduction dans la branche de pile, d'un rhéostat de résistance convenablement choisie. Le rapport de réduction est d'environ 2 lorsque la résistance introduite est d'environ : $\frac{1}{2}(a + x)$. La résistance d'équilibre est réglée de façon que le courant dans le galvanomètre ait la même intensité, que le rhéostat soit en court-circuit ou non. La méthode est précise, parce qu'on compare des déviations stabilisées, l'intervalle de faux zéro étant pris assez grand pour que les forces électromotrices de polarisation ne varient plus.

D'après l'Appendice 5, on a la valeur de la résistance d'équilibre :

$$R = x + \left(r + \frac{u}{i}\right) \frac{r - \sqrt[\mu]{r}}{r - 1},$$

$r = \frac{i}{i'}$ étant le rapport de réduction, et μ le coefficient de Schaefer.

On peut également régler comme au faux zéro instantané. L'équilibre correspond alors à :

$$R = x + r$$

comme lorsque la pile est entièrement supprimée. L'avantage est que l'effet de la capacité du câble est diminué, car sa décharge n'est que partielle.

I, 5. Localisations d'après les mesures de résistance. — Différentes méthodes de localisation sont basées sur des mesures de résistances faites suivant l'un ou l'autre des modes opératoires différents. Rappelons ces méthodes, en indiquant quelle est, pour chacune d'elles, la sanction de la pratique.

Schaefer. — Cette méthode est basée sur deux mesures au vrai zéro et sur l'application de la loi donnée par Schaefer pour la variation de la résistance de la rupture, mesurée au vrai zéro, en fonction de l'intensité du courant. Cette loi est la suivante : *la résistance est inversement proportionnelle à la racine 1,3 de l'intensité* :

$$r_v = \left(r + \frac{v + w}{i}\right) = \frac{k}{\sqrt[1,3]{i}},$$

la constante k ne dépendant que des conditions géométriques de la rupture.

Pour des mesures faites avec des intensités différentes i et i' $(i > i')$:

$$\frac{r_v}{r'_v} = \sqrt[1,3]{\frac{i'}{i}} = \frac{1}{\sqrt[1,3]{n}}.$$

La localisation x sera le résultat de la formule suivante, où R_v et R'_v représentent les mesures faites sur le câble rompu et i et i' les intensités correspondantes :

$$x = \frac{\sqrt[1,3]{n}\left(R_v - \frac{e}{i}\right) - \left(R'_v - \frac{e}{i'}\right)}{\sqrt[1,3]{n - 1}} = \frac{\sqrt[1,3]{n R_v - R'_v}}{\sqrt[1,3]{n - 1}} + \frac{e}{i} \frac{n - \sqrt[1,3]{n}}{\sqrt[1,3]{n - 1}}.$$

La force électromotrice constante e (somme d'une force électromotrice de pile et d'une différence de potentiel tellurique) doit être mesurée séparément.

Le calcul de x peut se faire soit à l'aide de tables spéciales, soit graphiquement.

Si e est inférieure à 1 volt, ce qui est le cas général, la formule peut être simplifiée sans erreur notable. En effet, lorsque n varie de 3 à 5, $\frac{n - \sqrt[1,3]{n}}{\sqrt[1,3]{n} - 1}$ varie seulement de 0,51 à 0,64. En outre, sauf dans des cas exceptionnels, le courant le plus intense est compris entre 25 et 30 milliampères. Le terme correctif peut donc être remplacé, en général, par : $+ 20\,e$.

La loi de Schaefer est assez bien vérifiée par la pratique, du moins pour les ruptures de surface moyenne. La méthode est facile à appliquer, quand la force électromotrice tellurique n'est pas trop variable.

Kennelly. — Cette méthode est basée sur des mesures au faux zéro, qui ont l'avantage d'éliminer les forces électromotrices, et sur l'application de la loi donnée par Kennelly pour la variation de la résistance de la rupture en fonction de l'intensité du courant. Cette loi est la suivante : *la résistance est inversement proportionnelle à la racine carrée de l'intensité.*

Pour deux mesures faites avec des intensités différentes i et i' telles que $\frac{i}{i'} = n > 1$, la localisation est donnée par la formule :

$$x = \frac{\sqrt{n}\, R_f - R'_f}{\sqrt{n} - 1}.$$

Le calcul se fait soit à l'aide de tables de coefficients, soit graphiquement.

La loi de Kennelly est assez mal vérifiée par la pratique. Tant en raison des incertitudes opératoires que de l'imperfection de la loi, cette méthode donne très souvent des résultats fortement erronés. Des erreurs de localisation de plusieurs dizaines d'ohms ne sont pas rares. Cependant de telles erreurs sont toujours inadmissibles, même pour les câbles les plus résistants (qui font environ 5 ohms au kilomètre).

Black. — Cette localisation est basée sur des mesures faites par la méthode des courants réduits. Soient R et R' deux résultats de mesure, le premier avec une intensité i réduite à $\frac{i}{r}$, le second avec une intensité i' réduite à $\frac{i'}{r}$, le rapport des deux intensités étant $n = \frac{i}{i'}$. Black donne [1], pour la localisation, la formule suivante :

$$x = \frac{n R - R'}{n - 1} - \rho,$$

ρ étant une correction égale à la résistance d'un mille nautique de câble lorsque la concentration de l'eau de mer est de 3,5 %. Cette formule ne peut évidemment pas être déduite de l'expression du résultat d'une mesure par les courants réduits, établie à l'appendice IV-5. Black ne donne aucune justification de sa formule. Il est évident que la correction ρ devrait dépendre de la surface de la rupture. La pratique montre que les résultats sont bons pour des ruptures moyennes ; mais, pour des ruptures de grande ou de très faible surface, l'erreur peut atteindre 10 ohms.

Lloyd. — Cette localisation est basée sur deux mesures faites au vrai zéro et deux mesures au courant réduit.

Soient A et B les deux mesures au vrai zéro, respectivement avec les intensités 10 et 20 milliampères, et A' et B' les deux mesures au courant réduit, respectivement avec 10 milliampères réduit à 5 et 20 milliampères réduit à 10. D'après Lloyd [2], la localisation est donnée par la formule :

$$x = A - 2\,(A - B) - 2{,}41\,(A' - B').$$

Pour prouver (*sic*) cette formule, Lloyd donne trois exemples d'application, qui sont exacts l'un à 4 ohms par excès et l'autre à 4 ohms par défaut, le dernier rigoureusement.

Pour se placer dans les conditions de densité de courant dans la rupture pour lesquelles sa formule est bonne, Lloyd indique le moyen suivant : faire au courant réduit trois mesures A', B'

1. *The Electrician*, 7 avril 1911.
2. *The Electrician*, 31 octobre 1919.

et C', avec des courants réduits, respectivement, de 20 à 10, de 10 à 5, de 5 à 2 1/2, et calculer le rapport $\frac{C' - A'}{A' - B'}$. Si ce rapport est $\leqslant 2$, la surface de la rupture est grande et il vaut mieux utiliser les mesures A, B, A' et B'. Si ce rapport est > 2, la surface de la rupture est petite et il est préférable d'utiliser, dans la formule, les mesures B, C, B' et C'.

II. Etude des ruptures.

II, 1. Conditions générales de l'étude. — En raison de l'incertitude des localisations déduites des mesures au faux zéro et de l'application des formules de Kennelly, de Black ou de Lloyd, la nécessité s'imposait d'une étude méthodique et rationnelle de la résistance des ruptures, afin d'en déduire la loi exacte de variation en fonction de l'intensité du courant et d'établir un procédé de localisation dont le résultat fût plus sûr que ceux que donne l'application de la loi imparfaite de Kennelly ou des formules grossièrement empiriques de Black et de Lloyd.

Nous avons fait des mesures en septembre 1932 au laboratoire du service des câbles sous-marins à la Seyne-sur-Mer. Nous nous proposons d'exposer les résultats de ces mesures, faites au *faux zéro instantané*, et d'en tirer des conclusions pratiques. Elles ont été poursuivies dans un domaine beaucoup plus étendu que celui des cas réels. Les surfaces des cathodes étudiées s'échelonnent entre 1 et 400 millimètres carrés environ, tandis que les surfaces des ruptures réelles sont comprises entre 100 et 400 millimètres carrés. Pour chaque cathode, on a fait varier l'intensité entre 30 ou 50 milliampères et une fraction de milliampère alors que, dans la pratique des localisations, on ne descend jamais au dessous de 3 milliampères.

Pour connaître exactement l'intensité, on s'est servi d'un galvanomètre placé en série avec le câble et étalonné. L'erreur sur l'intensité ne dépasse jamais 1 %. L'erreur sur les mesures de résistance ne dépasse pas 1 ohm. La variation de l'intensité était obtenue au moyen d'un rhéostat placé dans la branche de pile du pont.

II, 2. Constitution des cathodes. — Les mesures ont porté sur plusieurs cathodes, de surfaces différentes, constituées par l'extrémité d'un fil de cuivre cylindrique sortant du revêtement isolant de gutta-percha. Le tableau ci-dessous donne, pour chaque cathode, le diamètre et la longueur du fil dénudé et la surface calculée en tenant compte de la forme de l'extrémité coupée à la pince :

CATHODE.	DIAMÈTRE. (mm)	LONGUEUR. (mm)	SURFACE σ. (mm^2)
(a)	1,05	$120 \pm \frac{1}{2}$	396 ± 2
(b)	1,05	$15 \pm \frac{1}{2}$	49 ± 2
(c)	1,05	$1,6 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,3$
(e)	0,25	$1,2 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$

L'anode était constituée par une longueur de plus de 2 mètre de conducteur de câble de type 130/130 (7 fils de cuivre de diamètre), le toron étant décordé. La surface de l'anode peut être estimée supérieure à 400 centimètres carrés. Des essais préalables ont permis de conclure que cette anode était absolument impolarisable avec les courants d'essais.

L'anode et la cathode plongeaient dans un vase contenant de l'eau de mer. La cathode était disposée verticalement, l'extrémité vers le haut, afin d'éviter les perturbations qui auraient pu être causées par l'adhérence de bulles d'hydrogène à la surface de la gutta proche de la cathode.

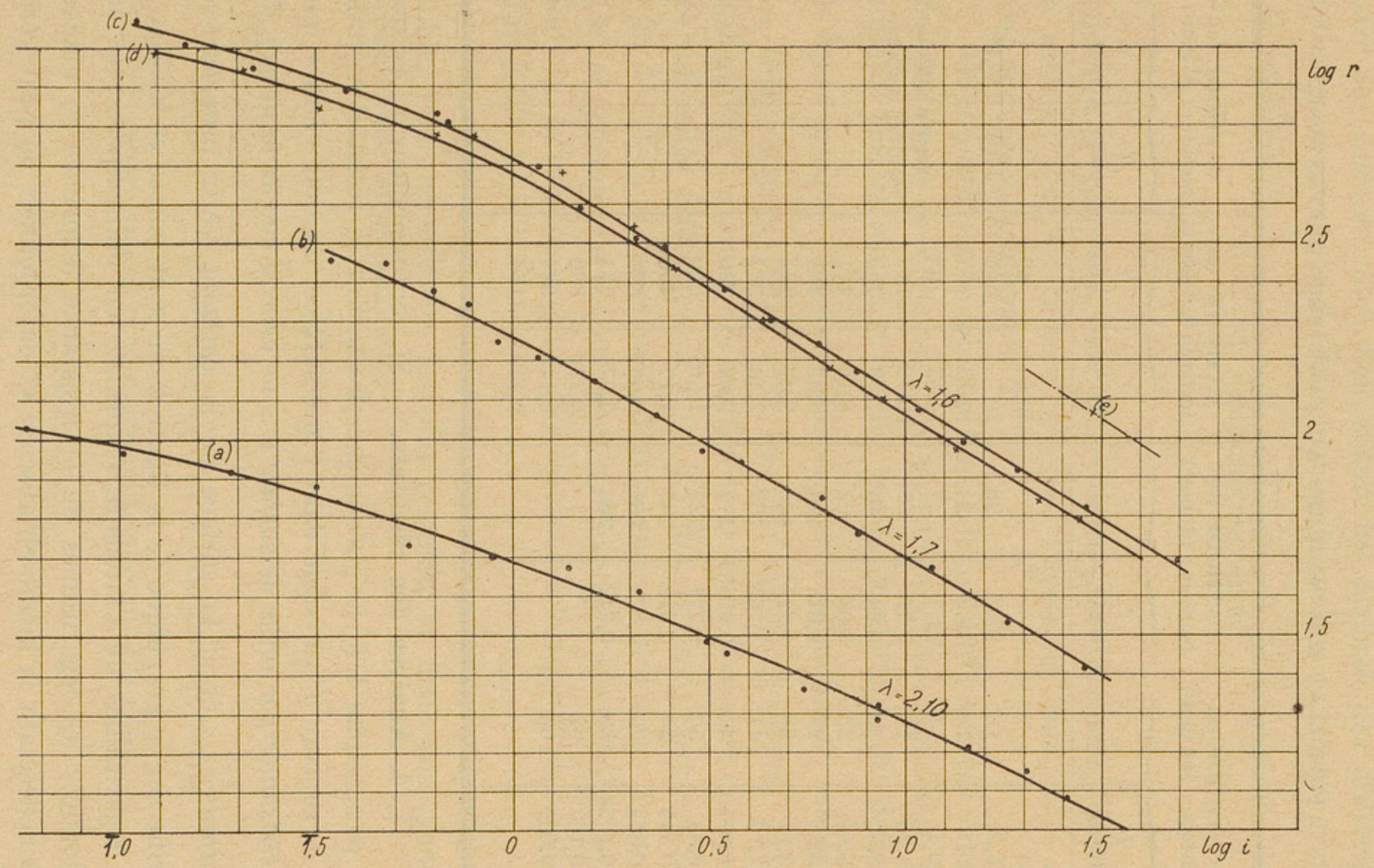


Fig. 2.

II, 3. Résultats. — Les résultats des mesures sont donnés par le tableau suivant :

RÉSULTAT DES MESURES AU FAUX ZÉRO INSTANTANÉ.

CATHODE (a) (surface : 396 mm²).		CATHODE (b) (surface : 48 mm²)		CATHODE (c) (surface : 4,8 mm²),		CATHODE (e) (surface : 1,05 mm²).	
i (mA)	*r* (Ω)	*i* (mA)	*r* (Ω)	*i* (mA)	*r* (Ω)	*i* (mA)	*r* Ω
54	9			49,5	49		
29,2	10	28,8	26	29	66	27,9	116
25,7	12	18,2	34	19,25	83		
20,4	14	11,7	47	14,02	98	mesure difficile résultat instable.	
14,25	16	7,57	57	10,78	119		
8,50	20	3,80	86	7,55	150		
5,46	23	3,06	92	6,10	171		
3,50	28	2,32	114	4,53	200		
3,12	30	1,62	140	3,47	240		
2,10	41	1,165	162	2,46	307		
1,39	47	0,92	177	2,08	326		
0,88	50	0,777	222	1,505	390		
0,545	54	0,628	245	1,17	498		
0,314	76	0,478	281	0,687	646		
0,193	82	0,342	284	0,376	774		
0,102	92			0,220	889		
0,059	106			0,148	1024		
				0,112	1164		

II, 4. Analyse des résultats. — Si, conformément à l'exposé du paragraphe I, 3, le phénomène produisant la résistance vraie de la rupture a son siège dans l'intersurface, on doit vérifier que *la résistance par unité de surface* r. s *ne dépend que de la densité de courant* $\frac{i}{s}$, *s* étant la surface de la cathode. Cette propriété se vérifie sur le graphique de la figure 2, où sont portés en abscisses les logarithmes de l'intensité (exprimée en milliampères) et en ordonnées les logarithmes de la résistance (exprimée en ohms). L'échelle étant la même en abscisse et en ordonnée, on peut vérifier que les courbes correspondant aux différentes cathodes sont très sensiblement superposables par un glissement parallèle à

une droite de pente — 1. La valeur de ce glissement en abscisse (ou en ordonnée) donne, si la loi est exacte, le logarithme du rapport des surfaces, d'où l'on déduit les surfaces des différentes cathodes en prenant pour base connue la surface de la plus grande (a). Le résultat

$$s_b = 48 \quad \text{millimètres carrés,}$$
$$s_c = 4{,}8 \quad \text{—}$$
$$s_e = 1{,}05 \quad \text{—}$$

concorde parfaitement (aux incertitudes près du calcul direct de la surface) avec les valeurs calculées d'après les dimensions qui sont données au paragraphe II, 2.

On a porté, sur le graphique de la figure 3 (d'après ces valeurs des surfaces), en ordonnées les logarithmes des résistances par unité de surface $\log r\, s$ et en abscisses les logarithmes des densités de courant $\log \frac{i}{s}$. La concordance est très satisfaisante, sauf pour les trois mesures faites avec les plus faibles intensités sur la cathode (c). L'examen des courbes de la figure 2 montre que, pour les intensités inférieures à $i = 0{,}3$ mA environ, correspondant à $\log i < \bar{1}, 5$, la variation de la résistance ne paraît pas répondre à la loi générale. Ce résultat peut être expliqué par la faible sensibilité de la mesure au faux zéro instantané lorsque l'intensité est trop faible.

La courbe de variation de la figure 3 présente une courbure faible. Pour les densités les plus grandes, et dans une gamme très étendue correspondant à :

$$\bar{1}{,}4 < \log \frac{i}{s} < 1{,}6,$$

c'est-à-dire :

$$0{,}25 < \frac{i}{s} < 40 \text{ milliampères par millimètre carré,}$$

on a très sensiblement proportionnalité suivant l'égalité :

$$\frac{\Delta \log r}{\Delta \log i} = \frac{1}{1{,}62}.$$

Pour les densités de courant plus faibles, la pente de la courbe n'est plus constante et la variation de la résistance est moins

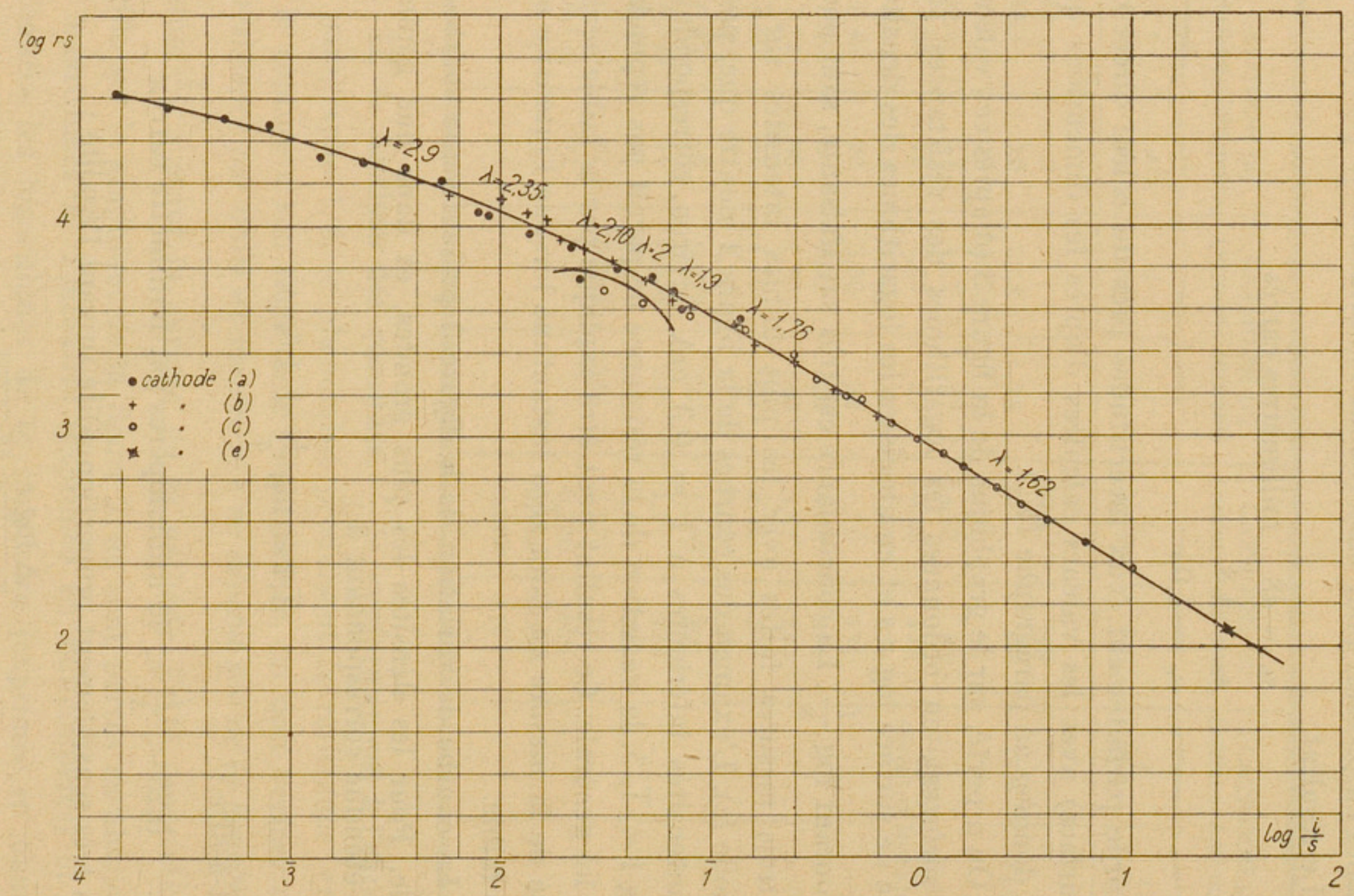

log rs
4
3
2
λ=2,9
λ=2,35
λ=2,10
λ=2
λ=1,9
λ=1,75
λ=1,62
• cathode (a)
+ " (b)
○ " (c)
✱ " (e)
log i/s
4̄
3̄
2̄
1̄
0
1
2

Fig. 3.

grande ; mais, dans un domaine suffisamment restreint, défini, par exemple, par :

$$\Delta \log i = 0{,}8,$$

on peut admettre qu'il y a encore proportionnalité :

$$\frac{\Delta \log r}{\Delta \log i} = \frac{1}{\mathcal{l}},$$

$\mathcal{l}$ étant un coefficient qui est supérieur à 1,62 et peut atteindre 3 lorsque la densité de courant est seulement de quelques millièmes de milliampère par millimètre carré.

II, 5. Variation des résistances d'une rupture. — Les mesures de résistances d'une rupture ne peuvent, dans la pratique, être faites avec des courants dont l'intensité dépasse 30 milliampères, une intensité supérieure pouvant être dangereuse pour les appareils de mesure ; d'autre part, pour que la sensibilité des mesures et la stabilité de l'équilibre soient suffisantes, l'intensité ne doit pas être inférieure à 3 milliampères.

Dans une gamme d'intensités comprise entre 3 et 30 milliampères, on peut admettre que la résistance vraie (mesurée au faux zéro instantané) de la rupture varie très sensiblement suivant l'expression :

$$\frac{\Delta \log r}{\Delta \log i} = \frac{1}{\mathcal{l}},$$

$\mathcal{l}$ étant un coefficient constant pour une rupture donnée et qui ne dépend que de la surface de la rupture.

De l'étude précédente, il résulte que, pour :

$$\frac{i}{s} > 0{,}25 \text{ milliampère par millimètre carré,}$$

ce qui correspond, avec la gamme des courants utilisables, à toutes les ruptures de surface :

$$s < 12 \text{ millimètres carrés,}$$

le coefficient $\mathcal{l}$ est égal à 1,62.

Pour les ruptures de surface plus grande, le coefficient $\mathcal{l}$ est variable : il croît avec la surface. D'après les résultats représentés

par la courbe de la figure 3, on aurait, par exemple, la correspondance suivante :

$s =$	50	100	200	300	1000	2000	3000	millimètres carrés,
$\lambda =$	1,75	1,9	2	2,1	2.35	2,55	2,9.	

Pour une rupture donnée, la résistance réelle variera donc en *raison inverse* de la *racine* λ de l'intensité, λ dépendant de la surface.

La loi, donnée par Kennelly, de la variation en raison inverse de la *racine carrée* n'est donc exacte que pour des ruptures de surface d'environ 200 millimètres carrés. Cela explique l'incertitude des résultats donnés par la méthode de Kennelly et l'importance des erreurs lorsque la surface de la rupture est nettement plus faible ou plus forte. Or la surface de la rupture est, *a priori*, inconnue

III. Méthode de localisation.

III, 1. Calcul des localisations. — Deux mesures des résistances vraies (au faux zéro instantané) complétées par l'observation des intensités permettent de localiser la rupture. On a :

$$R_1 = x + r_1,$$
$$R_2 = x + r_2,$$

R_1 et R_2 étant les résultats des mesures, x la résistance jusqu'à la rupture, et r_1 et r_2 les résistances correspondantes aux intensités i_1 et i_2 ; (i_2 étant la plus forte). La loi de variation donne :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt[\lambda]{\frac{i_2}{i_1}} = \sqrt[\lambda]{n},$$

n étant le rapport des intensités. L'élimination de r_2 et r_1 entre ces trois équations donne :

$$x = R_2 - (R_1 - R_2)\frac{1}{\sqrt[\lambda]{n} - 1}.$$

Il convient de choisir le rapport n des intensités de façon à rendre le plus faible possible l'erreur de mesure. Cette erreur résulte des erreurs possibles sur R_1 et R_2, qui sont $\pm$ 1 ohm en gé-

néral, et de l'erreur possible sur la lecture des intensités, qui est de l'ordre de 0,2 mA pour des lectures soigneusement faites sur un milliampèremètre de précision avec miroir derrière l'aiguille. Le calcul de l'erreur expérimentale, fait à l'appendice 6, conduit à prendre une valeur de n assez grande, comprise, suivant le cas, entre 5 et 10. En pratique, on fera donc, autant que possible, la mesure avec la plus forte intensité, comprise entre 25 et 30 milliampères, et la mesure avec la plus faible, comprise entre 3 et 6 milliampères.

Pour achever le calcul de la localisation, il faut fixer λ. Il y a évidemment avantage à prendre la même valeur de λ *pour tous les cas.* On trouve (Appendice 7) que, si l'on prend $\lambda = 1{,}62$, valeur exacte pour les ruptures les plus résistantes, l'erreur est assez faible dans tous les cas. Cela résulte de ce que la résistance de la rupture est d'autant plus faible que l'écart entre λ et 1,62 est plus grand. Si l'on prend la valeur de Kennelly ($\lambda = 2$), l'erreur est négligeable pour les ruptures de grande surface, mais elle devient beaucoup trop grande pour les ruptures résistantes.

En conclusion, nous proposons donc de prendre dans tous les cas $\lambda = 1{,}62$ et de calculer, en conséquence, la localisation par la formule :

$$x = R_2 - k\,(R_1 - R_2),$$

R_2 étant la plus petite des deux mesures, faite avec la plus forte intensité, et k étant un coefficient dépendant du rapport n des intensités et qui est égal à

$$k = \frac{1}{\sqrt[1,62]{n} - 1}.$$

Ce coefficient est donné, pour les différentes valeurs de n, par le tableau suivant : (v. p. 518)

L'erreur qui résulte de l'application de ce procédé est calculée à l'Appendice 7. Elle est au plus égale à 3 ou 4 ohms, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que l'erreur expérimentale. Elle dépend de la surface ; mais il est à remarquer que, pour les surfaces les plus courantes (comprises entre 100 et 2000 millimètres carrés), l'erreur est comprise entre 3 ohms et 3 ohms 1/2.

Donc, *en général*, l'application de la loi $\lambda = 1{,}62$ donnera un résultat *trop fort* de 3 ohms. Il est donc facile d'en tenir compte.

Si l'on a besoin d'un résultat plus précis (exigence qui peut se présenter quand on opère sur les câbles transatlantiques à

TABLEAU DES COEFFICIENTS $k = \frac{1}{\sqrt[1,62]{n} - 1}$.

n	k	n	k	n	k
2	1,88	**4**	0,74	**6**	0,49
2,1	1,72	4,1	0,72	6,2	0,48
2,2	1,60	4,2	0,70	6,4	0,46
2,3	1,54	4,3	0,68	6,6	0,45
2,4	1,40	4,4	0,67	6,8	0,44
2,5	1,31	4,5	0,65	**7**	0,43
2,6	1,25	4 6	0,64	7,2	0,42
2,7	1,18	4 7	0,62	7,4	0,41
2,8	1,13	4,8	0,61	7,6	0,40
2,9	1,08	4,9	0,60	7,8	0,392
3	1,03	**5**	0,59	**8**	0,384
3,1	0,99	5,1	0,58	8,2	0,376
3,2	0,96	5,2	0,57	8,4	0,368
3,3	0,92	5,3	0,56	8,6	0,361
3,4	0,89	5,4	0,55	8,8	0,354
3,5	0,86	5,5	0,54	**9**	0,346
3,6	0,83	5,6	0,53	9,2	0,341
3,7	0,80	5,7	0,52	9,4	0,336
3,8	0,78	5,8	0,51	9,6	0,330
3,9	0,76	5,9	0,50	9,8	0,325
4	0,74	**6**	0,49	**10**	0,318

grosse âme, pour lesquels 1 ohm peut représenter une longueur de l'ordre d'un mille nautique), il faut non seulement corriger l'erreur due à la loi, mais aussi réduire l'erreur possible expérimentale. Ce double résultat peut s'obtenir par le calcul graphique.

III, 2. Calcul graphique des localisations. — Sur une feuille de papier millimétré, on figure chaque mesure par un point, dont l'abscisse est égale à la résistance mesurée (à l'échelle d'un ohm par millimètre) et dont l'ordonnée est (en millimètres) la valeur y

fournie, en fonction de l'intensité i, par le tableau ci-dessous. Cette quantité y est inversement proportionnelle à la racine 1,62 de i.

TABLEAU DES ORDONNÉES POUR LE CALCUL GRAPHIQUE.

i	y	i	y	i	y	i	y
3	200	5,5	137	**8**	109	13	80
3,1	196	5,6	136	8,2	107	13,5	78
3,2	193	5,7	134	8,4	105	**14**	77
3,3	189	5,8	133	8,6	103	14,5	75
3,4	185	5,9	131	8,8	102	**15**	74
3,5	182	**6**	130	**9**	101	15,5	73
3,6	179	6,1	128	9,2	99	**16**	71
3,7	176	6,2	127	9,4	98	16,5	69
3,8	173	6,3	126	9,6	97	**17**	68
3,9	170	6,4	125	9,8	96	17,5	67
4	168	6,5	124	**10**	95	**18**	66
4,1	165	6,6	123	10,2	94	18,5	65
4,2	162	6,7	122	10,4	93	**19**	64
4,3	160	6,8	121	10,6	92	19,5	63
4,4	157	6,9	120	10,8	91	**20**	62
4,5	155	**7**	119	**11**	90	21	60
4,6	153	7,1	118	11,2	89	22	58
4 7	151	7,2	117	11,4	88	23	56
4,8	149	7,3	116	11,6	87	24	54
4,9	147	7,4	115	11,8	86	**25**	53
5	146	7,5	114	**12**	85	26	52
5,1	144	7,6	113	12,2	84	27	51
5,2	142	7,7	112	12,4	83	28	50
5,3	140	7,8	111	12,6	82	29	49
5,4	139	7,9	110	12,8	81	**30**	48
5,5	137	**8**	109	**13**	80		

Si l'on joint par une droite les points A_1 et A_2 (fig. 4) correspondants à deux mesures (R_1, i_1) et (R_2, i_2), cette droite coupe l'axe des abscisses en un point dont l'abscisse est égale à :

$$x = R_2 - k\,(R_1 - R_2).$$

Chaque mesure faite avec une nouvelle valeur de l'intensité donnera un nouveau point sur ce graphique.

Si la variation de la résistance de la rupture correspond à

la loi : $\lambda = 1{,}62$ et si les mesures de R et de i sont rigoureusement exactes, tous les points seront en ligne droite.

Si la loi $\lambda = 1{,}62$ n'est pas exacte, les points se placeront sur un arc de courbe très voisin d'un segment de droite. Les erreurs accidentelles se manifesteront par le fait que les points correspon-

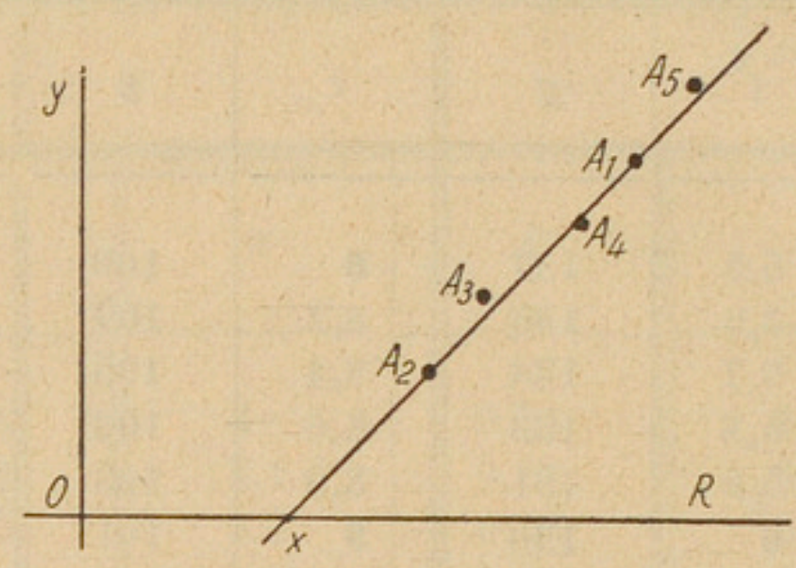


Fig. 4.

dants aux différentes mesures pourront s'écarter quelque peu de la droite ou de l'arc de courbe théorique. L'échelle a été choisie de façon que l'erreur expérimentale soit à peu près la même pour les abscisses et pour les ordonnées.

Si, pour fixer les idées, on a fait quatre mesures, après avoir porté sur la feuille de papier millimétré les quatre points correspondants, on cherche à placer une droite de telle façon que lesquatre points en soient aussi près que possible. En opérant ainsi, on augmente la probabilité d'avoir la droite théorique et l'ondiminue donc le plus possible l'effet des erreurs accidentelles.

L'erreur résultant de l'application d'une loi inexacte subsiste ; mais elle est facile à corriger, car cette erreur systématique est fonction de la pente p de la droite du graphique. D'après le calcul de l'Appendice 7, on a les résultats suivants :

$$
\begin{array}{rl}
p < 1{,}19, & \varepsilon < 0{,}5\,; \\
1{,}19 < p < 1{,}47, & 0{,}5 < \varepsilon < 1{,}5\,; \\
1{,}47 < p < 2{,}15, & 1{,}5 < \varepsilon < 2{,}5\,; \\
2{,}15 < p < 45, & 2{,}5 < \varepsilon < 3{,}6\,; \\
45 < p < 230, & 1{,}5 < \varepsilon < 2{,}5\,; \\
230 < p, & \varepsilon < 1{,}5.
\end{array}
$$

On pourra donc facilement corriger l'erreur systématique en admettant les règles simplifiées suivantes :

$$p < 1, \quad \text{correction nulle ;}$$
$$1 < p < \frac{3}{2}, \text{ correction} = -1 \text{ ohm ;}$$
$$\frac{3}{2} < p < 2, \quad - \quad = -2 \text{ ohms ;}$$
$$2 < p < 50, \quad - \quad = -3 \text{ ohms ;}$$
$$p > 50, \quad - \quad = -2 \text{ ohms.}$$

La figure 5 indique les secteurs correspondants à chaque valeur de la correction. Il est à noter que, dans le cas des ruptures les plus courantes, on aura : $2 < p < 50$.

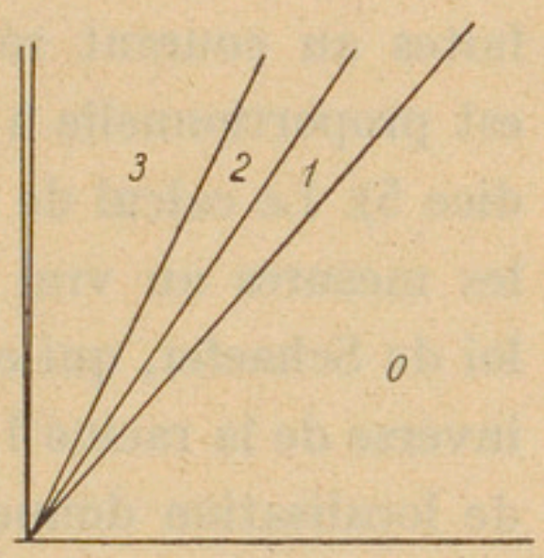


Fig. 5.

III, 3. Influence de l'intervalle de faux zéro. — La méthode de localisation qui vient d'être exposée est basée sur la valeur de la résistance *vraie* de la rupture, c'est-à-dire sur des mesures faites au *faux zéro instantané*, que ce soit en supprimant la pile ou en introduisant un rhéostat dans la branche de pile. Or ce mode opératoire n'est admissible que lorsque la capacité du câble n'est pas trop grande, car la décharge du câble entraîne une erreur d'autant plus grande que cette capacité est plus grande.

On a exposé au paragraphe I, 4 comment on évitait l'effet de la décharge au moyen d'un intervalle de faux zéro. Mais, en opérant avec un intervalle de faux zéro, on obtient l'équilibre avec une résistance dans laquelle la rupture intervient non plus par sa résistance vraie r, mais par la somme :

$$r + \theta \frac{w}{i},$$

qui est la résistance apparente avec intervalle de faux zéro, où w est la force électromotrice de polarisation et θ un coefficient inférieur à l'unité et qui dépend de l'intervalle de faux zéro. En toute rigueur, la quantité $\frac{w}{i}$ ne varie pas en fonction de i exactement

comme r ; cependant, comme, d'une part, cette quantité est petite, et que, d'autre part, elle varie aussi un peu moins vite que l'inverse de l'intensité, on trouve pratiquement que la loi de variation de la résistance apparente avec intervalle de faux zéro est assez sensiblement la même que la loi de variation de la résistance vraie.

On pourra donc appliquer, aux mesures faites au faux zéro avec intervalle de faux zéro, les mêmes règles de calcul de localisation que pour les mesures faites au faux zéro instantané.

III, 4. Mesures faites au courant réduit. — Dans les mesures faites au courant réduit, la résistance apparente de la rupture est proportionnelle à la résistance apparente au vrai zéro (Appendice 5). Le calcul de la localisation doit donc se faire comme pour les mesures au vrai zéro, c'est-à-dire que l'on doit appliquer la loi de Schaefer, qui exprime la variation de la résistance en raison inverse de la racine 1,3 de l'intensité du courant. Quoique ce calcul de localisation donne des résultats bons en général et, dans tous les cas, meilleurs que la loi de Kennelly pour les mesures au faux zéro, cette loi de variation n'est qu'une loi moyenne. Pour étendre la valabilité des résultats à toutes les ruptures possibles, comme nous l'avons fait pour les mesures au faux zéro, une étude nouvelle de la question serait nécessaire. Nous nous proposons de revenir sur cette question dans un article ultérieur.

III, 5. Méthode préconisée. — La conclusion de cette étude est que les mesures au faux zéro peuvent fournir des localisations de rupture très précises, quelles que soient les dimensions des ruptures, à condition d'employer non la loi de Kennelly (caractérisée par $.l = 2$), mais la loi que nous avons établie comme *loi limite des ruptures résistantes* (loi caractérisée par $.l = 1{,}62$).

Les règles qui nous paraissent les plus recommandables sont les suivantes :

On réalisera le montage de la figure 6, par exemple au moyen de la boîte spéciale de mesures pour câbles sous-marins.

On suppose que la résistance du câble rompu est déjà grossièrement connue et que le pont peut être, *a priori*, grossièrement

équilibré. Cela fait, la clé Rh étant fermée, on prend vingt éléments et l'on abaisse la clé de pile P (côté négatif sur le câble). On fixe la résistance B de façon que l'intensité du courant entrant dans le câble, donnée par le milliampèremètre, soit comprise entre 25 et 30 milliampères ou au moins supérieur à 20 milliampères ; on

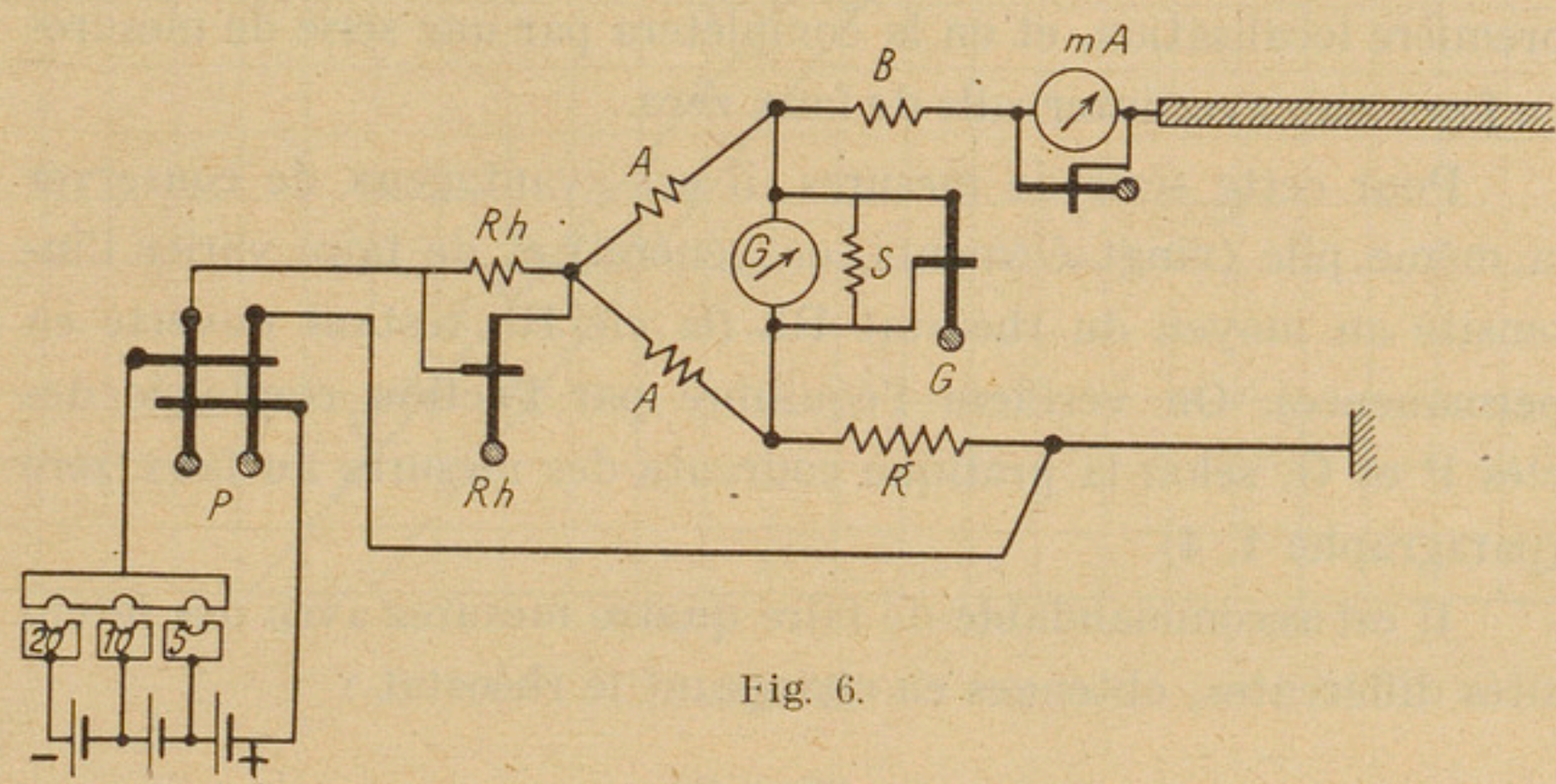


Fig. 6.

règle le shunt du galvanomètre de façon que le spot ne risque pas de sortir de l'échelle ; enfin on fixe le rhéostat Rh de façon que sa résistance soit d'environ $\frac{1}{2}(A + R)$.

Ces opérations préliminaires étant faites, on laisse la clé G ouverte et la clé P abaissée ; on observera le mouvement du spot lorsqu'on ouvre la clé Rh et l'on réglera ainsi la résistance R au *faux zéro instantané*. On notera R_{20}, la valeur de la résistance d'équilibre. Ensuite, sans toucher les clés P et G, on prend dix éléments et l'on règle de nouveau au faux zéro instantané en jouant de la clé Rh. On aura R_{10}, une nouvelle valeur de la résistance d'équilibre. Enfin on opérera de même avec cinq éléments, ce qui donnera une valeur R_5.

La localisation correspondante à ces mesures s'obtiendra par la méthode graphique, en prenant comme ordonnées les valeurs de y qui correspondent respectivement à 20, à 10 et à 5 (chiffres à peu près proportionnels aux intensités), c'est-à-dire (d'après le tableau du paragraphe III, 3) respectivement : 62, 95 et 146. (On peut, si l'on veut, noter à chaque mesure les valeurs exactes de l'intensité et prendre les ordonnées correspondantes.) Cette

localisation sera d'autant plus digne de foi que l'effet de la décharge partielle du câble, à l'ouverture de la clé Rh, sera plus faible. Cet effet est facile à observer sur le spot.

A moins que cet effet ne soit tout à fait infime, ce qui n'a lieu que si le câble rompu est court, on ne se contentera pas de cette première localisation, et on la complétera par une série de mesures au faux zéro avec intervalle de faux zéro.

Pour cette série de mesures, il est avantageux de conserver la même pile (vingt éléments, en général) et de faire varier l'intensité au moyen du rhéostat Rh (la clé Rh restant ouverte en permanence). On vérifiera l'équilibre par l'action combinée des clés P et G, selon la pratique courante des mesures au faux zéro (paragraphe I, 4).

Il est recommandable de faire quatre mesures avec des intensités différentes, obtenues en changeant le rhéostat :

i_1 entre 30 et 25,
i_2 entre 15 et 12,
i_3 entre 10 et 6,
i_4 entre 5 et 3.

Il faut naturellement, à chaque mesure, noter l'intensité, lue au milliampèremètre, après que l'équilibre a été trouvé.

La localisation correspondante s'obtiendra graphiquement sur la même feuille de papier millimétré. La différence entre les droites obtenues dans les deux cas représente l'effet de l'intervalle de faux zéro.

Il va de soi que ces localisations devront être complétées par des localisations au vrai zéro (loi de Schaefer) ou au courant réduit, le résultat n'étant vraiment certain que s'il est corroboré par plusieurs méthodes de localisation.

III, 6. Exemples d'application. — Les figures 7 et 8 permettent de comparer la valeur pratique de la loi $.l = 1{,}62$ établie par cette étude et de la loi de Kennelly $.l = 2$. Elles représentent le calcul graphique appliqué, pour la figure 7, aux trois ruptures (a), (b) et (c) mesurées au faux zéro instantané et, pour la figure 8,

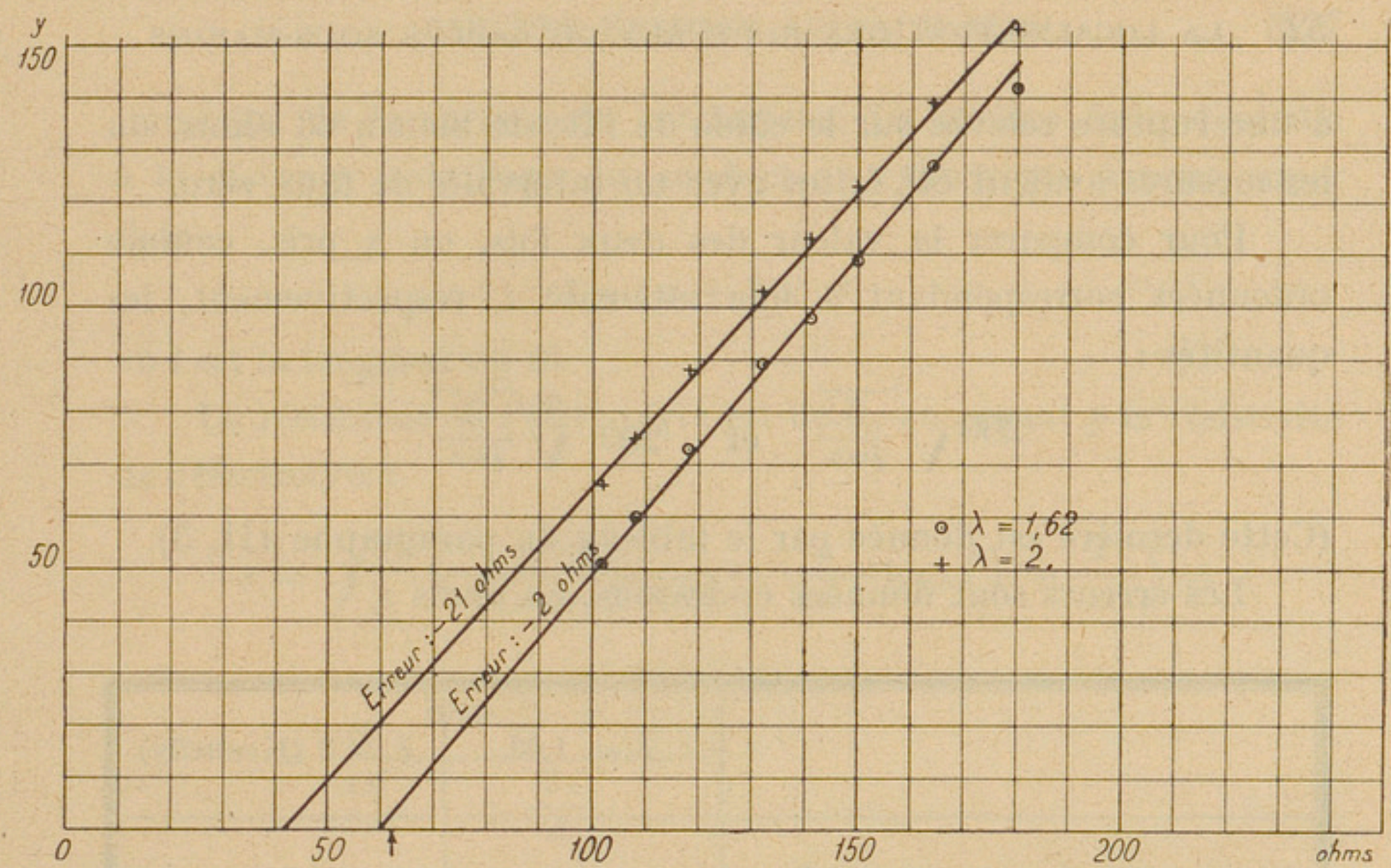

y
150
100
50
0
50
100
150
200
ohms
Erreur : −21 ohms
Erreur : −2 ohms
o λ = 1,62
+ λ = 2.

Fig. 7.

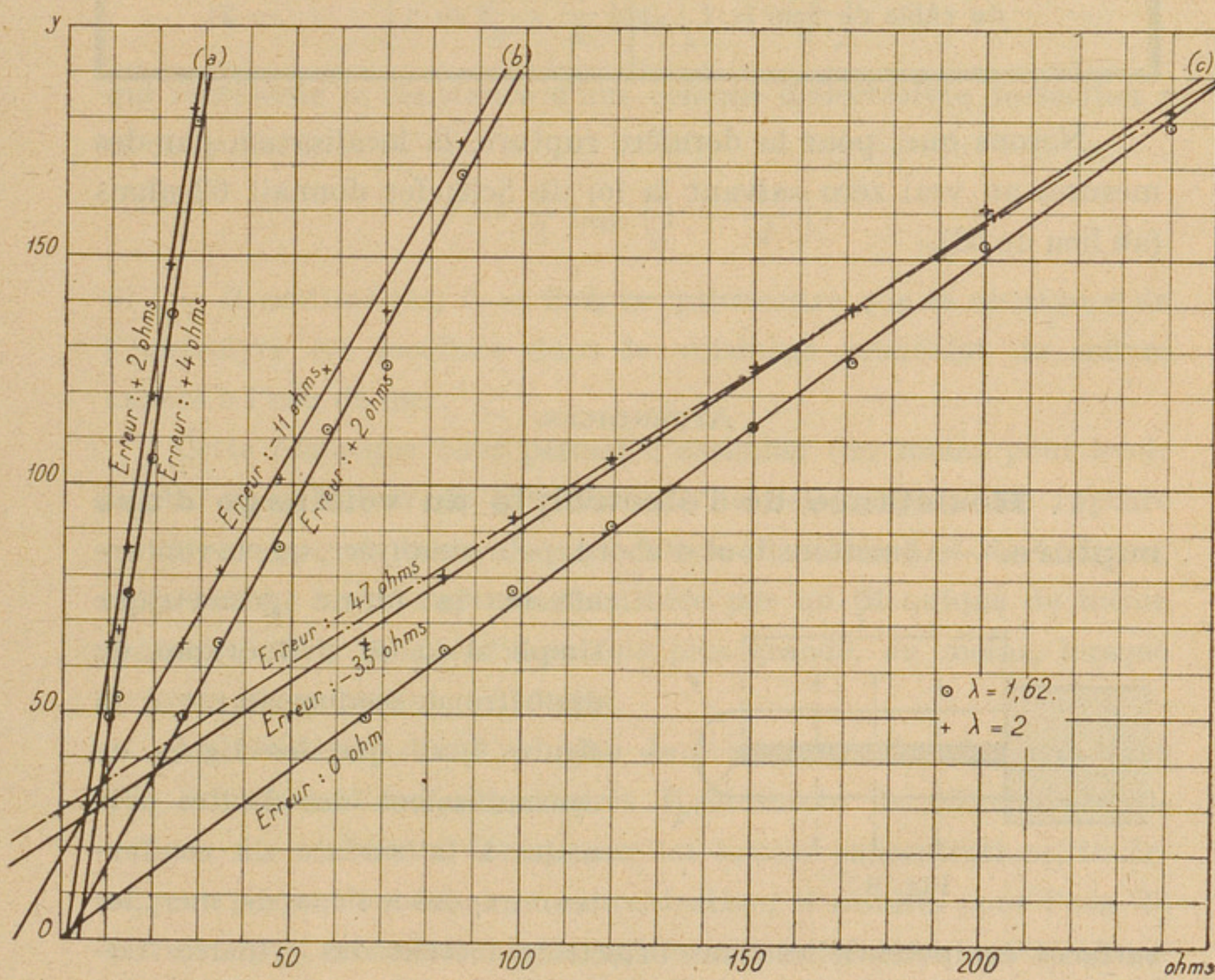

y
(a)
(b)
(c)
150
100
50
0
50
100
150
200
ohms
Erreur : + 2 ohms
Erreur : + 4 ohms
Erreur : −11 ohms
Erreur : + 2 ohms
Erreur : − 47 ohms
Erreur : −35 ohms
Erreur : 0 ohm
o λ = 1,62.
+ λ = 2

Fig. 8.

à une rupture relevée sur le câble de l'île de Sein à 63 ohms, où les mesures avaient été faites avec un intervalle de faux zéro.

Pour comparer la valeur des deux lois, on a pris, comme ordonnées correspondant à une intensité i, respectivement, les quantités :

$$200\sqrt{\frac{3}{i^{\mathrm{mA}}}} \quad \text{et} \quad 200\sqrt[1,62]{\frac{3}{i^{\mathrm{mA}}}}.$$

(Cette dernière est donnée par le tableau du paragraphe III, 3).

Les erreurs sont données ci-dessous, en ohms :

	$l = 1,62$.	$l = 2$ (Kennelly).
Rupture (a) (surface : 396 mm²) . . .	+ 4	+ 2
— (b) (— : 48 —) . . .	+ 2	— 11
— (c) (— : 4,8 —) . . .	0	— 35 à — 47
— du câble de Sein	— 3	— 21

Notons que, pour la dernière rupture, la localisation par des mesures au vrai zéro suivant la loi de Schaefer donnait 62 ohms (au lieu de 63).

APPENDICES.

1. Résistance de l'électrolyte au voisinage d'une rupture. — Admettons tout d'abord, pour simplifier, que la rupture affecte la forme géométrique simple d'un fil cylindrique, de diamètre d, conformément à la figure 9, et que les lignes de courant soient des droites normales à la surface du conducteur exposé à l'eau de mer, les surfaces équipotentielles dans l'électrolyte étant des cylindres terminés par une calotte cylindrique, du moins dans le voisinage

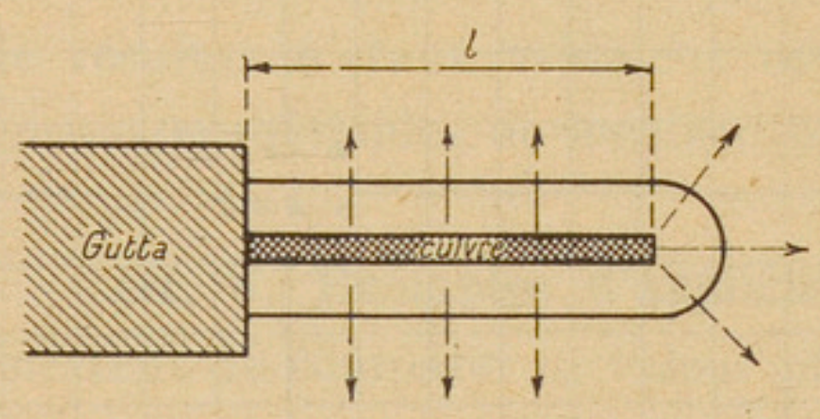


Fig. 9.

immédiat de la surface du conducteur. La surface équipotentielle à la distance x de l'axe du conducteur cylindrique a pour super ficie :

$$2\,\pi\,l\,x + 2\,\pi\,x^2,$$

où l est la longueur du fil.

La résistance de l'électrolyte est donc, en posant ρ la résistivité de l'électrolyte :

$$r = \int_{\frac{d}{2}}^{\infty} \frac{\rho\,dx}{2\pi\,l x + 2\pi x^2} = \frac{\rho}{2\pi\,l} \log_e \left(1 + \frac{2\,l}{d}\right) =$$

$$= \frac{\rho}{\pi\,d} \frac{\log_e \left(1 + \frac{2\,l}{d}\right)}{\frac{2\,l}{d}}.$$

Cette résistance peut s'écrire, en appelant s la surface du cuivre :

$$r = \frac{\rho}{s} \cdot \frac{d}{2} \log_e \left(1 + \frac{2\,l}{d}\right),$$

qui représente la résistance d'une colonne d'électrolyte de section s et de longueur :

$$l' = \frac{d}{2} \log_e \left(1 + \frac{2\,l}{d}\right).$$

Si $l = 2$ centimètres, $l' = 2\,d$, ce qui montre que la résistance de l'électrolyte est localisée dans le voisinage immédiat du cuivre exposé à l'eau de mer.

Cette remarque nous permet d'assimiler (du moins pour avoir l'ordre de grandeur de la résistance de l'électrolyte) une rupture constituée par un toron de sept fils de diamètre d et de longueur moyenne l_m à une rupture constituée par un fil unique de même diamètre et de longueur sept fois plus grande, du moins, lorsque le toron est entièrement disloqué.

La résistivité d'une solution de 5 grammes de sel marin dans 100 grammes d'eau est, d'après Kohlrausch, de 15 ohms-centimètres. La résistivité étant, pour les faibles concentrations, inversement proportionnelle à la concentration, il résulte, pour l'eau de mer (à 3,5 % de matières salines), une résistivité d'environ 20 ohms-centimètres.

Dans ces conditions, pour du câble de module 59/59 ($d = 0{,}08$ cm), la formule pour un toron disloqué :

$$r = \frac{\rho}{\pi d} \frac{\log_e (1 + \alpha)}{\alpha}, \quad \text{où} \quad \alpha = \frac{14\, l_m}{d},$$

donne, en fonction de la longueur moyenne de la rupture :

$l_m = 0{,}2 \quad 0{,}5 \quad 1 \quad 2 \quad 4 \quad 8$ centimètres,

$r = 8{,}5 \quad 4{,}2 \quad 2{,}5 \quad 1{,}4 \quad 0{,}8 \quad 0{,}4$ ohms.

Si le toron n'est pas disloqué, la résistance de l'électrolyte peut s'obtenir, approximativement, en assimilant le toron à un fil cylindrique de diamètre $3d$, c'est-à-dire :

$$r = \frac{\rho}{3\pi d} \frac{\log_e (1 + \alpha)}{\alpha}, \quad \text{où} \quad \alpha = \frac{2\, l_m}{3d},$$

qui donne, en fonction de la longueur du toron dénudé, pour du câble 59/59 :

$l_m = 0{,}2 \quad 0{,}5 \quad 1 \quad 2 \quad 4 \quad 8$ centimètres,

$r = 16{,}3 \quad 10{,}8 \quad 7{,}4 \quad 4{,}8 \quad 3{,}0 \quad 1{,}7$ ohms.

Si le toron est disloqué, mais si les fils sont assez rapprochés les uns des autres, ce qui est le cas général, la résistance de l'électrolyte sera intermédiaire entre les valeurs trouvées dans les deux cas extrêmes précédents. De toute façon, ces valeurs sont considérablement plus faibles que les valeurs observées pour la résistance des ruptures (paragraphe II, 3).

2. Résistance du contact cuivre-électrolyte. — La surface du cuivre de la rupture et la surface du liquide en contact avec le cuivre doivent être considérées comme les deux armatures d'un condensateur à vide. D'après les mesures faites par Kohlrausch, Varley et Blondlot, la capacité d'un tel condensateur est de l'ordre de 30 microfarads par centimètre carré de surface, ce qui correspond à une épaisseur du diélectrique (vide) de 1/340.000.000 de centimètre. Vaschy a fait remarquer que, par une méthode toute différente, sir W. Thomson a trouvé, comme valeur maximum des distances moléculaires entre le zinc et le cuivre soudés, un chiffre du même ordre. Etant donné la petitesse de cette distance, une différence de potentiel même minime produit, dans l'intersurface,

des champs très intenses. Par exemple, 1 millivolt produit un champ de 340.000 volts par centimètre. La force électromotrice de contact, qui est de cet ordre de grandeur, est donc suffisante pour que le cuivre, lorsqu'il est cathode, puisse émettre des électrons avec une grande vitesse initiale φ_0, comme dans une ampoule à vide cathodique. Le passage du courant doit donc être envisagé comme un flux d'électrons émis par la surface du cuivre à une vitesse φ_0 et qui frappe la surface de l'électrolyte à une vitesse φ_1. Si μ est la masse et ε la charge d'un électron, on a, d'après le principe des forces vives :

$$\frac{1}{2}\mu\varphi_1^2 = \frac{1}{2}\mu\varphi_0^2 + \varepsilon\,(V_1 - V_0),$$

$V_1 - V_0 = e$ étant la différence de potentiel des deux surfaces. Cette différence de potentiel est due à la force électromotrice de contact. On sait que les forces électromotrices de contact sont, en général, de l'ordre de quelques millivolts ou dizaines de millivolts.

Chaque électron qui frappe, à la surface de l'électrolyte, un cathion Na est immédiatement arrêté, libérant un atome de sodium, qui déplace un atome d'hydrogène, et ce dernier, va, en général, se dégager à l'état gazeux. L'énergie cinétique des électrons est donc entièrement absorbée au choc et transformée en énergie calorifique ; ce phénomène correspond donc à une résistance électrique r telle que :

$$W = r\,i^2 = n.\frac{1}{2}\mu\varphi_1^2,$$

n étant le nombre d'électrons frappant la surface de l'électrolyte en une seconde.

$$n\,\varepsilon = i.$$

Donc :

$$r\,i^2 = i\,e + i\,\frac{\varphi_0^2}{2\varkappa},$$

en posant $\varkappa = \dfrac{\varepsilon}{\mu} = 1{,}865.10^8$ coulombs-grammes.

La résistance de contact est donc :

$$r = \frac{e}{i} + \frac{\varphi_0^2}{2\varkappa i}\ \text{c.g.s.},$$

ou, dans le système pratique :

$$r^{\Omega} = \frac{e^{V}}{i^{A}} + \frac{\varphi_0^2}{3{,}7.10^5\ i^{A}},$$

φ_0 étant exprimé en kilomètres à la seconde.

Pour i compris entre 3 et 30 milliampères, le premier terme est de quelques ohms. Le terme principal est donc le second. La vitesse initiale est vraisemblablement croissante avec la densité de la couche électrique. Cette densité serait, en l'absence de tout courant :

$$\sigma_0 = \frac{e}{4\pi a}.$$

Elle augmente par l'effet du passage du courant.

La vitesse initiale doit donc augmenter, quoique très lentement, quand l'intensité augmente, ou plus exactement quand la densité de courant augmente. Il en résulte que la résistance r décroît moins vite que $\frac{1}{i}$ quand l'intensité croît.

Si l'on se reporte aux valeurs mesurées pour la résistance des ruptures (paragraphe II, 3), on voit que, pour $i = 30^{\text{mA}} = 3.10^{-2}$ ampères, la résistance est, suivant les ruptures, entre 10 et 100 ohms. En supposant que cette résistance résulte uniquement du terme en $\wp_0^2$, on en déduit que la vitesse initiale des électrons devrait être comprise entre 30 et 100 kilomètres à la seconde. Rappelons que les vitesses des rayons cathodiques sont 1.000 fois plus grandes.

3. Etude de l'équilibre au faux zéro. — Quand la branche dont on veut mesurer la résistance contient une force électro-

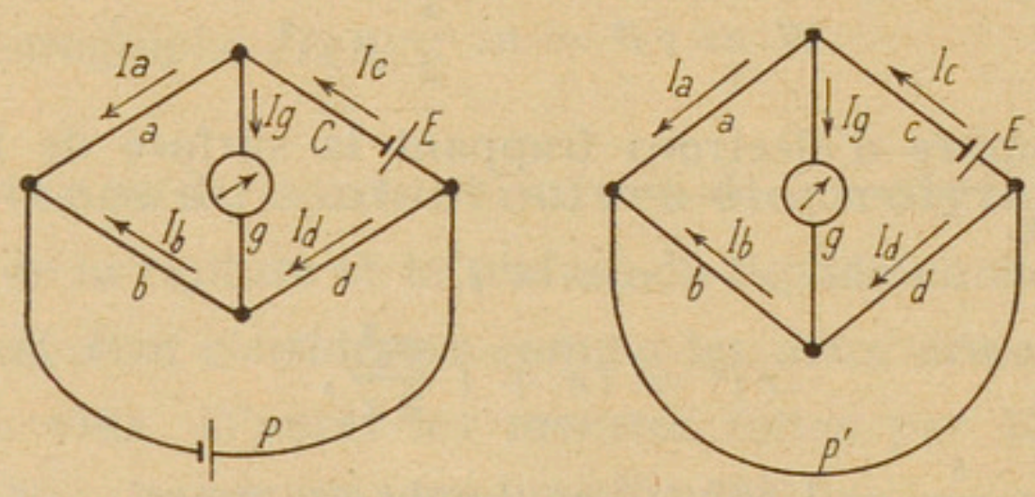


Fig. 10.

motrice E inconnue mais *fixe*, un moyen d'éliminer cette force électromotrice consiste à régler la résistance d'équilibre de telle façon que la déviation du galvanomètre (le shunt n'étant pas modifié) ne change pas quand on supprime brusquement la pile de mesures. La résistance d'équilibre est alors égale à la résistance de la branche à mesurer, quelle que soit la valeur de la force électromotrice inconnue.

En effet, considérons la distribution des courants dans les deux cas (avec pile et sans pile) (fig. 10), en donnant aux intensités les signes + ou — suivant que les courants sont, ou non, dans le sens des flèches.

Avec les notations et les sens indiqués sur la figure 10, le théorème de Kirchhoff donne :

$$\left.\begin{aligned} g\,I_g + b\,I_b - a\,I_a &= 0,\\ g\,I_g + b\,I'_b - a\,I'_a &= 0,\\ g\,I_g - d\,I_d + c\,I_c &= E,\\ g\,I_g - d\,I'_d + c\,I'_c &= E,\\ I_c - I_a = I_b - I_d &= I_g\,,\\ I'_c - I'_a = I'_b - I'_d &= I_g\,. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Les quatre premières équations donnent :

$$\left.\begin{aligned} a\,(I_a - I'_a) &= b\,(I_b - I'_b),\\ c\,(I_c - I'_c) &= d\,(I_d - I'_d), \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

et les dernières :

$$\left.\begin{aligned} I_a - I'_a &= I_c - I'_c,\\ I_b - I'_b &= I_d - I'_d, \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

d'où l'on tire immédiatement :

$$\frac{a}{c} = \frac{b}{d}\,,$$

c'est-à-dire que l'équilibre du pont est réalisé, *quelle que soit la force électromotrice* E, pourvu qu'elle soit fixe, et aussi quelle que soit la résistance de la branche de pile, même si cette résistance n'est pas la même dans les deux régimes.

Si la force électromotrice de la branche à mesurer a varié dans l'intervalle de temps qui sépare les deux observations du galvanomètre et est devenue $(E - \varepsilon)$ lorsqu'on observe le galvanomètre la pile étant enlevée, l'équilibre classique du pont n'est plus exactement réalisé pour $I_g = I'_g$. En effet, la quatrième équation du système (1) devient :

$$g\,I_g - d\,I'_d + c\,I'_c = E - \varepsilon,$$

et la seconde des équations (2), qu'on en déduit, doit être remplacée par :

$$c\,(I_c - I'_c) = d\,(I_d - I'_d) + \varepsilon,$$

d'où, en divisant par $(I_c - I'_c)$ et en tenant compte des équations (3) :

$$d = \frac{b}{a}\left(c - \frac{\varepsilon}{I_c - I'_c}\right).$$

La résistance d'équilibre est donc altérée, mais dans une faible mesure si la variation de E est faible. Il est à noter que la valeur de cette altération dépend de la résistance de la branche p'.

En particulier, si la force électromotrice E est beaucoup plus petite que celle de la pile de mesure, l'intensité I'_c sera négligeable devant I_c. Dans le cas, où la force électromotrice E s'oppose au courant de mesure (c'est-à-dire $E < 0$) et où elle est assez petite, on aura donc sensiblement :

$$d = \frac{b}{a}\left(c + \frac{|\varepsilon|}{I_c}\right).$$

La résistance d'équilibre est augmentée, mais seulement de quelques ohms, si ε est de quelques millivolts et I_c de quelques milliampères.

4. Equilibre au faux zéro instantané. — Considérons l'effet de la dépolarisation. Le courant qui passe dans la diagonale galvanométrique après l'instant où la pile est enlevée est un courant dont l'intensité décroît à partir d'une valeur j_0. Ce courant décroissant est produit par la force électromotrice $(e + w)$. Si le pont n'est pas équilibré, l'intensité du courant qui passe dans la branche galvanométrique avant que la pile ne soit enlevée est, d'après le principe de superposition, égale à $j_0 + d$; d étant l'intensité galvanométrique qui serait produite dans le pont déséquilibré par la pile d'essai. Evidemment, d est proportionnel à $R - (x + r)$.

Cela posé, si l'on considère l'équation différentielle du galvanomètre (avec les notations classiques) :

$$\mathrm{F}(\theta) = I\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} + \mathrm{f}\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} + C\theta = i, \qquad (1)$$

la déviation d'équilibre avec la pile d'essai est :

$$\theta_0 = \frac{j_0 + d}{C}.$$

A l'instant où l'on enlève la pile d'essai, on a nécessairement :

$$\left(\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}\right)_0 = 0$$

et :
$$\theta_0 = \frac{j_0 + d}{C},$$

et le mouvement de l'équipage mobile est solution de l'équation (1), la fonction i du second membre étant l'expression de l'intensité du courant de dépolarisation en fonction du temps.

L'équilibre au faux zéro instantané est caractérisé par la condition :

$$\left(\frac{d^2\theta}{dt^2}\right)_0 = 0.$$

Or, d'après l'équation (1), on a, à l'instant initial :

$$I\left(\frac{d^2\theta}{dt^2}\right)_0 = j_0 - C\theta_0 - f\left(\frac{d\theta}{dt}\right)_0 = -d.$$

Il faut donc :

$$d = 0,$$

c'est-à-dire que le pont soit équilibré.

5. Equilibre par la méthode des courants réduits. — La méthode est basée sur la comparaison des distributions des courants dans deux réseaux en pont de Wheatstone qui ne diffèrent que par la résistance de la branche de pile et par les résistance et force électromotrice de la rupture, ces dernières quantités ne dépendant, pour une rupture donnée, que de l'intensité qui la traverse.

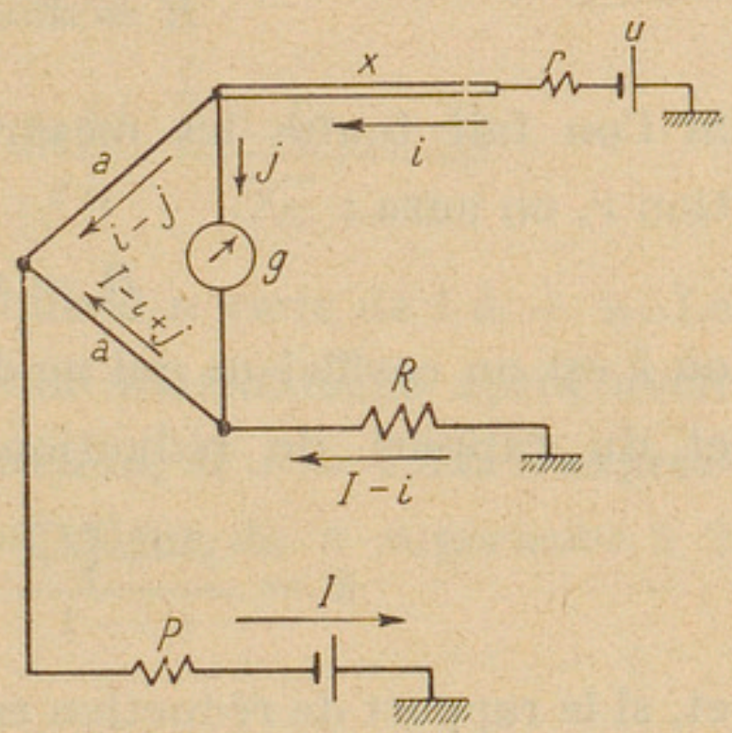


Fig. 11.

Considérons (fig. 11) une des distributions.

On a, en particulier, les deux équations :

$$\left.\begin{aligned}\left(R + x + r + \frac{u}{i}\right) i + gj - RI = 0,\\ -2ai + (g + 2a)\, j + aI = 0,\end{aligned}\right\}$$

d'où, par élimination de I :

$$\left(-R + x + r + \frac{u}{i}\right) i + (ag + gR + 2aR)\, j = 0.$$

Pour l'autre distribution, on aura l'égalité analogue, où seuls i, r et u sont changés :

$$\left(-R + x + r' + \frac{u'}{i'}\right) i' + (ag + gR + 2aR)\, j = 0,$$

d'où, en appelant γ le rapport de réduction des intensités $\left(\gamma = \frac{i}{i'}\right)$, on tire de la comparaison de ces deux égalités :

$$R = x + \frac{1}{\gamma - 1}\left[\gamma\left(r + \frac{u}{i}\right) - \left(r' + \frac{u'}{i'}\right)\right] =$$

$$= x + \frac{\gamma\, r_{vz} - r'_{vz}}{\gamma - 1},$$

où r_{vz} représente la résistance apparente de la rupture mesurée au *vrai zéro*. Si, pour la rupture donnée, on a :

$$\frac{r'_{vz}}{r_{vz}} = \sqrt[\mu]{\gamma},$$

μ étant un coefficient qui peut d'ailleurs changer avec la rupture, la résistance d'équilibre sera :

$$R = x + r_{vz}\,\frac{\gamma - \sqrt[\mu]{\gamma}}{\gamma - 1}.$$

Si l'on fait toutes les mesures avec un même rapport de réduction γ, on aura :

$$R = x + k\, r_{vz},$$

où k est un coefficient qui ne dépend que de la surface de la rupture et du rapport de réduction. On a sensiblement :

$$k = \frac{\gamma - \sqrt[\mu]{\gamma}}{\gamma - 1} = \frac{\mu - 1}{\mu} \cdot \frac{\gamma \log_e \gamma}{\gamma - 1},$$

et, si le rapport de réduction est $\gamma = 2$:

$$k = 1{,}38\,\frac{\mu - 1}{\mu}.$$

Rappelons que, d'après la loi de Schaefer, on aurait $\mu = 1{,}3$, d'où il résulterait :

$$k = 0{,}32.$$

6. Calcul de l'erreur expérimentale. — Si l'on a :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt[\lambda]{\frac{i_2}{i_1}}, \quad \frac{i_2}{i_1} = n,$$

la localisation est donnée par la formule :

$$x = R_2 - (R_1 - R_2)\frac{1}{\sqrt[\lambda]{n} - 1} = \frac{R_2\sqrt[\lambda]{n} - R_1}{\sqrt[\lambda]{n} - 1}.$$

Quelle est l'erreur sur x qui résulte de l'erreur de mesure des résistances et des intensités ?

$\delta R_2 = \delta R_1$ peut être estimée à $\delta R = 1$ ohm ;

$\frac{\delta n}{n} = \frac{\delta i_2}{i_2} + \frac{\delta i_1}{i_1}$ et $\delta i_1 = \delta i_2 = \delta i$ peut être estimée à 0,2 mA.

L'erreur possible sur la localisation x est :

$$\delta x \frac{\sqrt[\lambda]{n} + 1}{\sqrt[\lambda]{n} - 1}\delta R + (R_1 - R_2)\frac{\frac{\sqrt[\lambda]{n}}{\lambda n}\delta n}{(\sqrt[\lambda]{n} - 1)^2}.$$

Or :

$$R_1 - R_2 = r_1 - r_2 = r_2(\sqrt[\lambda]{n} - 1),$$

$$\frac{\delta n}{n} = \left(\frac{1}{i_2} + \frac{1}{i_1}\right)\delta i = (n + 1)\frac{\delta i}{i_2};$$

d'où, pour l'expression de l'erreur possible :

$$\varepsilon = \delta x = \frac{\sqrt[\lambda]{n} + 1}{\sqrt[\lambda]{n} - 1}\delta R + \frac{r_2\,\delta i}{\lambda i_2}\frac{\sqrt[\lambda]{n}\,(n + 1)}{\sqrt[\lambda]{n} - 1}.$$

Le terme en δR décroît constamment quand n varie de 1 à $+\infty$. Le terme en δi décroît d'abord, puis croît indéfiniment après avoir passé par un minimum pour $n = 3$ environ, si $\lambda = 1{,}62$. L'expression de ε est donc minimum pour une valeur de n supérieure à 3 et qui dépend du rapport :

$$\frac{i_2\,\delta R}{r_2\,\delta i}.$$

La valeur de n la plus favorable est celle qui annule la dérivée de ε prise par rapport à n :

$$\frac{d\varepsilon}{dn} = -\frac{\delta R}{(\sqrt[\lambda]{n} - 1)^2}\frac{2\sqrt[\lambda]{n}}{\lambda n} + \frac{r_2\,\delta i}{\lambda i_2}\frac{\sqrt[\lambda]{n}\left[\sqrt[\lambda]{n} - \frac{(1 + \lambda)n + 1}{\lambda n}\right]}{(\sqrt[\lambda]{n} - 1)^2},$$

c'est-à-dire la racine de l'équation transcendante :

$$\sqrt[\lambda]{n}\quad\frac{(1 + \lambda)\,n + 1}{\lambda n} - \frac{1}{\lambda n}\frac{2\lambda i_2\,\delta R}{r_2\,\delta i} = 0,$$

qui s'écrit encore :

$$\frac{n^\alpha}{\alpha} - n - \beta = 0,$$

en posant :

$$\alpha = \frac{1 + \lambda}{\lambda} = \frac{2,62}{1,62} = 1,62$$

et

$$\beta = \frac{1}{1 + \lambda} + \frac{2 \lambda i_2 \delta R}{(1 + \lambda) r_2 \delta i}.$$

En admettant

$$i_2 = 30 \text{ mA}, \quad \delta i = 0,2 \text{ mA} \quad \text{et} \quad \delta R = 1,$$

on a sensiblement :

$$\beta = \frac{185}{r_2} + 0,4.$$

Pour les ruptures pour lesquelles on a sensiblement $\lambda = 1,62$, on a :

$$r_2 > 30 \text{ ohms};$$

donc

$$\beta < 7.$$

L'équation en n et β établit entre ces deux quantités la correspondance suivante :

$n =$	3	4	5	6	7	8	9	10 ;
$\beta =$	0,65	1,82	3,35	5,25	7,4	9,9	11,9	15,7.

Il y a donc intérêt à prendre n compris entre 5 et 7 et dans tous les cas jamais supérieur à 10 ; c'est-à-dire que l'intensité du plus faible courant devra être de préférence voisine de 5 milliampères et n'être jamais inférieure à 3 milliampères.

Avec $n = 6$, l'erreur possible est sensiblement :

$$\varepsilon = 2 + \frac{r_2}{23}.$$

L'erreur *expérimentale* de localisation peut donc être estimée inférieure à 3 ou 4 ohms. Naturellement cette erreur est réduite considérablement si l'on prend la moyenne de plusieurs localisations.

7. Erreur résultant de l'application d'une loi inexacte. — Supposons que la loi exacte soit :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt[\lambda_1]{\frac{i_2}{i_1}} = \sqrt[\lambda_1]{n}$$

et que le calcul se fasse avec $\lambda = \lambda_0 \neq \lambda_1$.

Le résultat du calcul est $x + \varepsilon$, ε étant l'erreur commise :

$$x + \varepsilon = \frac{R_2 \sqrt[\lambda_0]{n} - R_1}{\sqrt[\lambda_0]{n} - 1},$$

où R_1 et R_2 sont les mesures (au faux zéro instantané) :

$$R_1 = x + r_1, \qquad R_2 = x + r_2.$$

L'erreur est donc :

$$\varepsilon = \frac{r_2 \sqrt[\lambda_0]{n} - r_1}{\sqrt[\lambda_0]{n} - 1} = r_2 \frac{\sqrt[\lambda_0]{n} - \sqrt[\lambda]{n}}{\sqrt[\lambda_0]{n} - 1}.$$

Elle est proportionnelle à r_2 ; il y a donc avantage à prendre la valeur λ_0 qui correspond aux grandes valeurs de r_2.

De plus, si $\frac{1}{\lambda_1}$ diffère assez peu de $\frac{1}{\lambda_0}$, ou plus exactement si $\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \log_e n$ est petit, ce qui est toujours le cas, on a sensiblement :

$$\varepsilon = r_2 \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_1}\right) \frac{\sqrt[\lambda_0]{n} \log_e n}{\sqrt[\lambda_0]{n} - 1}.$$

Pour $\lambda_0 = 1{,}62$, on a, pour les différentes valeurs de n :

$n =$	4	5	6	7	8	9	10 ;
$\frac{\sqrt[\lambda_0]{n} \log_e n}{\sqrt[\lambda_0]{n} - 1} =$	2,41	2,56	2,68	2,78	2,88	2,96	3,02.

L'erreur varie donc assez peu avec le rapport des courants n même quand celui-ci varie de 4 à 10. Donc, approximativement :

$$\varepsilon = 2{,}7 \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_1}\right) r_2.$$

Quand la loi $\lambda = 1{,}62$ cesse d'être vraie, c'est-à-dire pour des ruptures de surface, non très petite, supérieure à 12 millimètres carrés, les résistances r_2 décroissent quand la différence entre λ_1 et λ_0 croît.

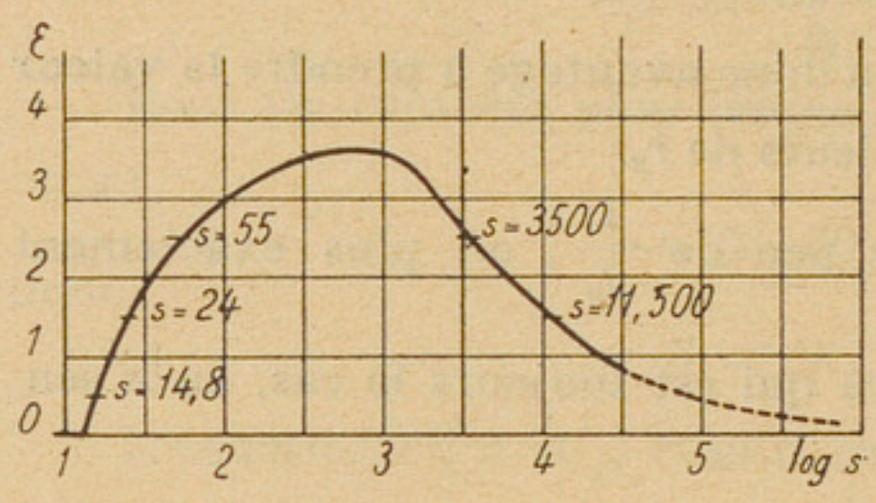
L'erreur croît d'abord avec la surface, puis décroît. Le tableau ci-dessous donne le résultat du calcul de l'erreur, en supposant que r_2 correspond à une intensité de 28 milliampères. La valeur de r_2 est

calculée d'après la courbe de la figure 3 (paragraphe II, 3), ainsi que celle de l, qui est mesurée en prenant $\log \frac{i_2}{i_1} = 0,8$:

s =	20	30	100	300	1000	2000	5000	20.000	millimètres carrés ;
l =	1.65	1.68	1.78	1.94	2.32	2.60	3.00	3.70	
r_2 =	38,0	32,6	20,4	12,7	7,2	5,0	2,9	1,2	ohms ;
ε =	1,1	1,95	3,0	3,5	3,6	3,1	2,2	1,1	ohms.

Cette erreur est toujours faible. Elle est voisine de 3 ohms pour les ruptures les plus courantes ($100 < s < 2000$).

La courbe de la figure 12 représente la variation de cette erreur ε en fonction du logarithme de la surface. On peut déterminer d'après cette courbe les surfaces pour lesquelles l'erreur est respectivement de 0,5 ohm, 1,5 ohm et 2,5 ohms.



Fig, 12.

Dans le cas du calcul graphique, l'erreur peut être exprimée en fonction de la pente de la droite du graphique, car cette pente est fonction de la surface de la rupture. Il convient de chercher, en particulier, quelles sont les valeurs de la pente qui correspondent aux surfaces 14,8 ; 24 ; 55 ; 3500 et 11.500 millimètres carrés. On prendra encore $i_2 = 28$ milliampères, auquel correspond l'ordonnée $y_2 = 50$. La valeur de la pente de la droite est évidemment :

$$p = \frac{y_2}{r_2 - \varepsilon},$$

La valeur de r_2 correspondant aux différentes surfaces s'obtient d'après la courbe de la figure 3. Les résultats sont les suivants :

s =	14,8	24	55	3.500	11.500	millimètres carrés ;
r_2 =	42,5	35,5	25,7	3,6	1.715	ohms ;
ε =	0,5	1,5	2,5	2,5	1,5	ohms ;
p =	1,19	1,47	2,15	45	230.	

Congrès international d'électricité de 1932.

TRAVAUX DE LA NEUVIÈME SECTION (PHÉNOMÈNES DE HAUTE FRÉQUENCE), [1]

par C. GUTTON et P. DAVID.

Les travaux de cette neuvième section sont résumés en ces termes dans le discours prononcé par M. Paul Janet, président du congrès international d'électricité, à l'assemblée plénière de clôture :

« La neuvième section (Phénomènes de haute fréquence), présidée par M. Gutton, assisté de MM. Mesny et Brenot, vice-présidents, a reçu quatorze rapports et treize communications.

« La première séance, présidée par M. Giebe, a discuté des rapports de MM. Giebe, Kiebitz, Appleton (suppléé par M. Rayner, M. Appleton étant actuellement en Norvège pour des études de propagation), van der Pol, Pession (suppléé par M. Gorio.) Les communications correspondantes de MM. Bruzau et Tournier et Cady ont été examinées. Des communications orales ont été présentées par MM. Rayner, Vecchiacchi, le père Gianfranceschi, délégué du Vatican, van Cauwenberghe, Vallauri.

« Il a été discuté des questions de mesure et de régulation des fréquences, de la propagation des ondes dans la haute atmosphère, des caractéristiques des lampes Snodes.

« Outre les rapporteurs et auteurs des communications, ont pris part à la discussion un grand nombre de congressistes présents.

« Des questions intéressantes pour l'avenir de la radiotélégraphie et radiotéléphonie ont été posées et des échanges de vues sur les questions à étudier ont conduit à d'utiles conclusions.

---

1. Reproduction d'un article paru dans la *Revue générale de l'électricité* du 3 décembre 1932.

« La deuxième séance a été présidée par M. Vallauri ; nous n'en avons pas encore les résultats.

« A l'ouverture de la première séance, le président a adressé un souvenir ému à la mémoire du général Ferrié ; nous sommes certain que le Congrès tout entier s'associera à cet hommage rendu à son éminent président d'honneur. »

Ajoutons que les dernières séances furent présidées respectivement par MM. Sokolzoff et Rayner. Le secrétariat de la neuvième section fut assuré par M. P. David.

I. Mesure des fréquences. — A. *Mesure précise des fréquences.* — Rapport de E. Giebe. Ce rapport n° 2 (Allemagne) comporte seize pages de texte.

M. Giebe expose le principe des diverses méthodes de mesure absolue de comparaison des fréquences et décrit les propriétés des quartz oscillateurs, des quartz lumineux résonateurs, des diapasons étalons. Il donne, au point de vue de la stabilité et de la précision, les nombres consignés dans le tableau suivant :

TYPE D'ÉTALON.	DOMAINE de fréquence.	COEFFICIENT de température.	STABILITÉ.
Quartz oscillateur.	$40 \times 10^4 \times 10^3$ p : s	40×10^{-6}	5 à 10×10^{-6}
Quartz lumineux résonateur.....	10^4	2 à 3	1 à 2
Diapasons.....		3 à 15	moindre que celle des quartz.

L'auteur examine ensuite les procédés de multiplication et de démultiplication de fréquence qui permettent la comparaison des fréquences hautes et basses. Ces comparaisons se font à 10^{-8} près.

Les déterminations absolues sont moins précises, à cause de l'incertitude sur la mesure du temps ; les comparaisons internationales de 1931 ont cependant donné des valeurs concordantes à 10^{-5}. près. On espère atteindre, en 1932, 10^{-6}. La précision des horloges réglées par un quartz piézoélectrique dépassera bientôt celle des meilleures horloges astronomiques.

B. *Mesure précise des fréquences.* — Communication de Bruzau et Tournier. Cette communication n° 2-C (France) comporte dix pages de texte avec quatre figures dans le texte.

Les auteurs décrivent un fréquencemètre étalon à quartz taillé de façon à réduire le coefficient de température. Une démultiplication de fréquence permet de faire conduire par le quartz le mouvement de l'aiguille d'une horloge que l'on compare à l'horloge astronomique.

C. *Discussion.* — A propos du rapport de M. Giebe, M. Rayner formule quelques remarques : il souligne l'importance des comparaisons internationales des fréquences et indique la méthode suivie au National physical laboratory.

M. Vecchiacci indique la contribution apportée au problème des mesures de fréquence par l'Académie navale de Livourne. M. Giebe et M. van der Pol rappellent des mesures faites dès 1927 aux Etats-Unis d'Amérique et en Hollande. M. Vallauri rend compte de mesures de fréquence effectuées récemment à Livourne sur les signaux des postes de la Société des nations. En France, les mesures absolues de fréquence sont faites au Laboratoire national de radioélectricité ; M. Decaux indique les méthodes utilisées.

Une discussion s'engage sur la valeur des divers étalons de fréquence. MM. Giebe et Vallauri estiment la précision du quartz supérieure à celle du diapason. M. Decaux n'est pas convaincu de cette supériorité. M. Vecchiacchi croit que la supériorité du diapason pourra devenir certaine à la suite de progrès réalisés dans sa construction et son entretien. M. Vernotte pense que les propriétés élastiques du quartz sont plus remarquables que celles de l'acier.

M. Decaux demande que l'on distingue entre les variations de fréquence à courts intervalles de temps et celles qui peuvent résulter d'une lente modification des étalons. M. Bruzau ne croit pas à une lente modification du quartz, si l'on évite des dépôts de métal des électrodes sur les surfaces du quartz. Le père Gianfranceschi, délégué du Vatican, a employé un oscillateur Franklin, qui serait d'une stabilité supérieure aux meilleurs quartz ou diapasons.

II. La stabilisation des générateurs en haute fréquence. — Rapport de F. Kiebitz. Ce rapport n° 1 (Allemagne) comporte treize pages de texte.

M. Kiebitz passe en revue dans son rapport les divers procédés employés depuis l'origine de la radiotélégraphie pour obtenir une émission d'ondes dont l'amplitude, l'amortissement, la fréquence et la phase restent invariables.

III. Mesure du champ rayonné par des stations radioélectriques. — Rapport de Giuseppe Pession, Ce rapport n° 3 (Italie) comporte quarante-cinq pages de texte avec vingt-trois figures dans le texte.

M. Pession expose le principe de ce genre de mesures. On compare la force électromotrice induite dans un collecteur d'ondes par un signal lointain, à la force électromotrice connue induite par un oscillateur local étalonné. On détermine ensuite par le calcul la hauteur effective du collecteur d'ondes. Les détails des méthodes employées dans les divers pays sont passés en revue. M. Pession indique ensuite les procédés de détermination de l'état de polarisation des ondes.

A la suite de cet exposé, M. David indique les difficultés des mesures relatives aux ondes courtes, qui ne peuvent être faites qu'à faible distance de l'antenne d'émission.

IV. Transmissions sans fil et phénomènes électriques de la haute atmosphère. — Rapport de E. V. Appleton. Ce rapport n° 3bis (Grande-Bretagne) comporte dix-huit pages de texte avec cinq figures dans le texte.

M. Appleton décrit dans son rapport les méthodes qui ont été employées par lui-même et par divers physiciens, en vue de déterminer la hauteur de la couche de Heaviside : méthode de l'écho et méthode d'interférence par variation de longueur. M. Appleton indique l'existence expérimentale d'échos multiples et décrit les variations diurnes de la hauteur de la couche réfléchissante.

Discussion. — M. Van der Pol signale un dispositif d'enregistrement continu des échos, réalisé par lui à l'occasion de l'« année

polaire internationale ». Les résultats qu'il a obtenus confirment ceux de M. Appleton et s'expliquent par une superposition de deux ondes différemment polarisées et dont la phase n'est pas la même. Il ajoute que la mission hollandaise doit se servir de l'appareil lors de l'éclipse, afin de savoir s'il n'existe pas deux éclipses distinctes, pour les rayons lumineux et les rayons particulaires qui provoquent l'ionisation de la haute atmosphère.

Le père Gianfranceschi présente quelques observations relatives aux échos. M. Busignies fait une remarque sur l'interférence du champ direct et du champ réfléchi par le sol ; son interprétation du champ résultant soulève des objections de la part de MM. Bruzau, Gutton, Pierret, Mercier, van der Pol.

V. Les phénomènes électroniques dans les lampes de radio-électricité. — Rapport de Balth, van der Pol. Ce rapport n° 6 (Pays-Bas) comporte vingt-trois pages de texte avec douze figures dans le texte.

M. van der Pol résume son rapport sur l'émission thermo-ionique, le fonctionnement du diode et la charge d'espace, le fonctionnement du triode et les formes de ses courbes caractéristiques. Il étudie l'émission électronique secondaire et les lampes à électrodes multiples.

Discussion. — En réponse à une question de M. A. Cheftel, M. van der Pol explique qu'une émission radioactive n'est pas assez intense pour que l'on puisse espérer remplacer par elle l'émission thermo-ionique.

M. Vallauri indique qu'il est possible, dans une lampe à grille, de faire varier l'intensité lumineuse du filament et de produire ainsi des modulations rapides, utilisables en signalisation optique et en télévision.

M. van Cauwenberghe indique une difficulté relative à l'emploi des diodes dans les voltmètres de crête.

VI. Différents types d'oscillations réalisables au moyen des lampes thermo-ioniques. — Rapport de F. Vecchiacchi. Ce rapport n° 5 (Italie) comporte vingt-quatre pages de texte avec quatorze figures dans le textes.

M. Vecchiacchi traite, dans son rapport, de l'obtention des oscillations non sinusoïdales avec les lampes. Il étudie des oscillateurs à inductance et capacité et des oscillateurs à résistance et capacité, qui fournissent des oscillations de relaxation. Il décrit des applications de ces oscillateurs.

Discussion. — M. Mercier, à la suite de l'exposé de ce rapport, indique les résultats d'une étude sur les oscillateurs à inductance et capacité fonctionnant dans les régions coudées des caractéristiques. Il assimile ces dernières à des segments de droites et calcule la courbe de courant en fonction du temps. Le nom d'oscillations de saturation lui semble préférable à celui d'oscillations de relaxation.

MM. Gutton et Vecchiacchi affirment que l'on trouve expérimentalement des fonctionnements très différents de celui qui résulte d'un tel calcul.

M. Gutton indique que, pour traiter ce genre de questions, la représentation de la caractéristique par une équation n'est pas légitime, car on n'arrive pas à trouver une relation représentant assez exactement la fonction cherchée et ses deux premières dérivées.

VII. Les tubes émetteurs à très grande puissance utilisés en radiodiffusion : description d'un tube de 120 kilowatts à haute fréquence. — Communication de G. Rabuteau. Cette communication n° 6-C (France) comporte sept pages de texte avec une figure dans le texte.

M. Rabuteau décrit un tube scellé, de 120 kilowatts, qu'il a étudié et construit.

Discussion. — Cette communication provoque une discussion sur les avantages respectifs des tubes scellés et des tubes démontables et sur les origines des dégagements gazeux. MM. Gutton et Ponte croient à l'avenir des lampes démontables, M. Rabuteau estime que les dégagements gazeux y sont plus à craindre que dans les lampes scellées et que leurs inconvénients y sont plus gênants.

VIII. Le secret dans les transmissions téléphoniques. — Rapport de Chireix. Ce rapport n° 7 (France) comporte douze pages de texte.

Le rapport de M. Chireix décrit les procédés de secret en téléphonie. Ce rapport ne soulève aucune objection de la part des congressistes présents.

IX. Récepteurs de radiodiffusion. — Rapport de W. F. Ewald. Ce rapport n° 16 (Allemagne) comporte vingt pages de texte avec cinq tableaux.

M. Ewald indique les phases variées par lesquelles a passé la construction des récepteurs de radiodiffusion et fournit des renseignements statistiques.

Discussion. — En réponse à diverses questions qui lui sont posées, M. Ewald précise : 1° que les récepteurs actuels les plus soignés réalisent l'idéal de la sélectivité passe-bande ; 2° que les régulateurs protecteurs de l'évanouissement permettent une correction par variation de sensibilité de 1 à 50.000 et maintiennent un niveau d'audition constant tant que le champ ne tombe pas au dessous de celui des parasites : ces régulateurs lui semblent appelés à un grand développement ; 3° que la lutte contre les parasites locaux se fait de façon efficace en utilisant des récepteurs et des descentes d'antenne blindées.

M. Brenot estime que, même avec des appareils munis de régulateurs, l'évanouissement reste très nuisible aux bonnes réceptions.

M. Tanasesco lit une communication sur les méthodes d'essai des récepteurs de radiodiffusion ; quelques assistants expriment l'avis que les méthodes proposées sont un peu arbitraires. M. Rayner attire l'attention sur les méthodes utilisées en Grande-Bretagne. M. Divoire demande que les procédés étudiés soient applicables dans toute la gamme de longueur d'onde de 200 à 2.000 mètres. M. David signale les inconvénients des méthodes proposées résultant de l'influence des brouillards voisins.

X. Les émissions de radiodiffusion : leur développement actuel. — Rapport de Raymond Braillard. Ce rapport n° 15 (Belgique) comporte vingt-six pages de texte.

M. Braillard fait un historique de la radiodiffusion, fournit des renseignements statistiques, indique les conditions à réaliser pour

obtenir un service correct. Il expose les travaux et le but de l'Union internationale de radiodiffusion

Discussion. — M. Pierret indique des possibilités d'emploi des ondes courtes en radiodiffusion. M. Braillard estime les ondes longues bien préférables, les ondes courtes ne pouvant servir qu'à des réseaux de complément peu étendus.

XI. Etat actuel de la radiotéléphonie entre points fixes. — Rapport de P. Bouvier. Ce rapport n° 13 (France) comporte vingt-trois pages de texte avec trois figures et un tableau dans le texte.

M. Bouvier étudie la réalisation d'une liaison radiotéléphonique et de la jonction avec le réseau téléphonique. Il énumère les conditions à satisfaire, étudie le nombre de liaisons compatibles avec l'encombrement de l'éther et indique les principales liaisons à grande distance actuellement en service.

M. Gutton, à ce propos, rappelle des essais, faits en collaboration avec M. Pierret, de liaisons téléphoniques à courte distance avec des ondes dirigées de 18 centimètres de longueur.

XII. Sur certaines propriétés de la couche d'oxyde formée par la polarisation anodique à la surface des métaux oxydables. Communication de Marinesco. Cette communication n° 0-C-1 (Roumanie) comporte huit pages de texte avec sept figures dans le texte.

L'auteur a montré qu'il se forme, sur quelques métaux opposant une certaine résistance au passage du courant dans un sens déterminé, une première couche mince d'oxygène et une deuxième couche spongieuse d'oxyde du métal qui retient dans ses pores de l'oxygène ; c'est cette deuxième couche qui intervient dans la conduction unilatérale de ces systèmes. L'étude des phénomènes dont ils sont le siège est exposée dans cette communication.

XIII. Système de synchronisation pour la transmission électrique des images. — Communication de Yasujiro Niwa. Cette communication n° 8-C (Japon) comporte neuf pages de texte avec sept figures dans le texte.

Le système décrit dans cette communication est à synchronisme forcé. M. Barthélemy fait observer qu'il a employé des principes analogues.

XIV. Intercommunication entre les stations de radiodiffusion au Japon par le système de téléphonie à courant porteur. — Communication de Murata. Cette communication n° 15-C (Japon) comporte huit pages de texte avec trois figures dans le texte.

XV. La radiotélégraphie de station à station. — Rapport de N. Wells. Ce rapport n° 11 (Grande Bretagne) comporte dix-sept pages de texte.

M. Wells étudie l'emploi d'ondes courtes, la vitesse d'écoulement du trafic, le secret des communications, les systèmes autoimprimants, les retards dus aux bureaux Il décrit le service des signaux horaires et indique les tendances actuelles et futures.

XVI. Observations sur la transmission à grande distance d'ondes à basse fréquence. — Communication de Eitaro Yohoyama et Isao Tanimura. Cette communication n° 11-C (Japon) comporte trois pages de texte avec deux tableaux dans le texte.

Dans cette communication, sont donnés des résultats de mesure de champ des postes à ondes longues, et les auteurs signalent les différences existant entre l'évanouissement diurne et l'évanouissement nocturne.

XVII. Les applications de la radiotélégraphie à la marine marchande et à l'aéronautique civile. — Rapport de A. Hubert. Ce rapport n° 12 (Belgique) comporte vingt-trois pages de texte avec quatre figures dans le texte.

La première partie de ce rapport est consacrée aux applications de la radiotélégraphie à la marine marchande ; l'auteur y indique, en particulier, les résultats d'exploitation obtenus dans les stations de bord, tant au point de vue de la sauvegarde de la vie humaine qu'à celui de la sécurité et de la facilité de la navigation. Dans la

deuxième partie, est exposée l'organisation actuelle de la radiotélégraphie dans l'aéronautique.

XVIII. La radiotéléphonie entre stations mobiles. — Rapport de F. G. Loring et H. H. Buttner. Ce rapport n° 14 (Grande-Bretagne) comporte vingt-trois pages de texte avec neuf figures dans le texte.

Les auteurs étudient successivement la radiotéléphonie des grands paquebots, celle des petits navires et des appareils aériens et celle des trains en marche. Ils indiquent les résultats obtenus et le développement actuel et futur de ces différents services.

Discussion. — M. Hubert rectifie un point relatif à la radiotéléphonie en Belgique. M. Brenot préconise les appareils d'appel automatiques pour l'envoi des signaux de détresse. Ces appareils continuent à fonctionner même après que l'opérateur a quitté le bord.

M. Loring estime que de tels appareils ne devraient émettre que par intervalles, pour ne pas produire un brouillage excessif et gêner les navires sauveteurs.

M. Loring, répondant à M. Picault, indique que, dans son rapport, les appréciations de qualité de conversation doivent s'entendre comme en technique téléphonique ordinaire. Sur une question de M. Cheftel, il indique que, sur les grands paquebots, plusieurs embarcations de sauvetage sont munies d'un poste radiotéléphonique.

XIX. La radiogoniométrie. — Rapport de R. Mesny. Ce rapport n° 10 (France) comporte treize pages de texte avec deux figures dans le texte.

Dans son rapport, M. Mesny décrit les différents procédés de détermination de direction, de levée du doute de 180°, de compensation du radiogoniomètre. Il étudie les diverses causes de déviation des ondes, indique la précision des résultats et fixe le choix de l'emplacement à adopter. M. Mesny, en exposant son rapport, le rectifie sur un point afin de mieux mettre en relief le rôle de M. A. Blondel, inventeur de la radiogoniométrie.

XX. Radiogoniométrie. — Communication de H. Busignies. Cette communication n° 10-C (France) comporte dix pages de texte avec deux figures dans le texte.

L'auteur décrit dans cette communication le radiogoniomètre de sa création, à lecture directe.

XXI. Oscillateurs. — Dans les trois communications dont les titres suivent, et qui n'ont pas été présentées, sont décrits des oscillateurs basés sur des principes différents et conçus dans des buts distincts :

A. *Oscillateur à quartz avec contrôle optique.* — Communication de W. G. Cady. Cette communication n° 1-C-1 (Etats-Unis d'Amérique) comporte neuf pages de texte avec deux figures dans le texte.

B. *Oscillateur magnétostatique pour ondes inférieures à* 50 *centimètres.* — Communication de I. E. Mouromtseff et G. R. Kilgore. Cette communication n° 4-C-2 (Etats-Unis d'Amérique) comporte huit pages de texte avec huit figures dans le texte.

C. *Oscillateur à ondes stationnaires.* — Communication de I. E. Mouromtseff et H. V. Noble. Cette communication n° 4-C-3 (Etats-Unis d'Amérique) comporte sept pages de texte avec cinq figures dans le texte.

XXII. Nouveau tube à vide à haute fréquence à refroidissement par eau. — Communication de E. D. Mac Arthur. Cette communication n° 4-C-4 (Etats-Unis d'Amérique) comporte cinq pages de texte avec quatre figures et un tableau dans le texte.

La description et les caractéristiques d'un nouveau tube à vide à trois électrodes sont exposées dans cette communication.

XXIII. Les essais des récepteurs de radiodiffusion.— Communication de Tudor Tanasesco. Cette communication n° 16-C (Roumanie) comporte huit pages de texte.

L'auteur indique, dans cette communication, les conditions que doit remplir l'appareillage d'essais d'un récepteur et définit les caractéristiques de fonctionnement d'un récepteur, à savoir : la sensibilité, la sélectivité, la fidélité, qui dépendent toutes trois

du volume du son à la sortie. Les éléments qui, selon l'auteur, devraient être déterminés dans un essai sont la gamme des fréquences de réception, la puissance maximum fournie sans distorsion et les constantes de sensibilité, de sélectivité et de fidélité.

XXIV. La radiotéléphonie par ondes ultra-courtes. — Communication de Shintaro Uda. Cette communication n° 13-C (Japon) comporte cinq pages de texte avec une figure dans le texte.

Dans cette communication, sont exposés notamment des résultats d'essais entre stations côtières avec des ondes de $4^{m},60$ à $5^{m},80$.

Conclusion. — A la fin de la dernière séance, M. Abraham demande à attirer l'attention des congressistes sur un travail récent relatif à la réception téléphonique par poste à réaction accroché et synchronisé sur l'émetteur. Il indique l'importance du phénomène de synchronisation et explique que son existence peut entacher d'erreurs les mesures de fréquence à distance. En réponse à diverses questions, il précise que la méthode qu'il indique donne une réception de haute qualité et que le rayonnement du récepteur, étant synchrone, ne brouille pas les voisins.

M. Braillard croit que la méthode ne peut fournir une réception de haute qualité et indique comment le centre de contrôle de l'Union internationale de radiodiffusion évite, lors des mesures de fréquence, la cause d'erreur signalée par M. Abraham.

SERVICE D'ÉTUDES
ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Elimination des troubles apportés a l'exploitation des lignes téléphoniques par les redresseurs a vapeur de mercure. (1)

Le courant continu utilisé pour la traction électrique est généralement produit dans des sous-stations alimentées au moyen de courant triphasé à haute tension.

A l'heure actuelle, il y a trois procédés utilisés pour obtenir ce courant continu. Ce sont :

1° la production directe au moyen d'une génératrice mue par un moteur à courant triphasé ;

2° la transformation du courant triphasé au moyen d'une commutatrice ;

3° le redressement du courant triphasé au moyen de redresseurs à vapeur de mercure.

Pour les exploitants des réseaux de traction électrique, l'emploi de machines tournantes présente les avantages de permettre la récupération et de se prêter au réglage du facteur de puissance de la ligne triphasée d'alimentation.

Mais, d'autre part, les redresseurs à vapeur de mercure sont d'installation beaucoup plus économique, de surveillance très facile et moins onéreuse et de fonctionnement très sûr. Aussi leur emploi a-t-il été général, dans certains réseaux.

D'ailleurs une solution mixte, comportant l'emploi de machines tournantes dans quelques sous-stations et de redresseurs à vapeur de mercure dans les autres, permet de bénéficier simultanément des avantages que présentent ces types différents de générateurs.

---

1. Note remise par M. Collet, ingénieur en chef.

Cependant l'action inductive exercée sur les circuits téléphoniques voisins de la ligne de contact par les courants de traction, diffère beaucoup suivant l'origine de ces courants.

A strictement parler, ni les machines ni le redresseur ne fournissent un courant continu : tous fournissent un courant ondulé. Les ondulations du courant fourni par les génératrices (harmoniques de commutation et de denture) ont, en général, une très faible amplitude. Mais leurs composantes sont souvent d'une fréquence comprise entre 1000 et 2000 par seconde, fréquence aisément audible.

Les commutatrices présentent les mêmes harmoniques que les génératrices, auxquels peuvent se superposer d'autres harmoniques provenant d'une inégale répartition du courant alternatif, et surtout de ses harmoniques, entre les phases d'alimentation de la machine. L'amplitude des ondulations du courant des commutatrices est donc généralement un peu supérieure à celle des machines génératrices simples.

Au contraire, les redresseurs à vapeur de mercure fournissent un courant dont les ondulations sont considérables. Ainsi, par exemple, l'analyse harmonique des ondulations de la courbe de tension d'un redresseur hexaphasé, alimenté par un courant de fréquence 50 par seconde, travaillant à charge moyenne, a fait reconnaître la présence, en particulier, de composantes de fréquences égales à 300 par seconde, et aux multiples de cette fréquence, le rapport de la tension efficace de ces harmoniques à la tension continue étant respectivement :

f.	Rapport de la tension efficace de l'harmonique à la tension continue.
300	0,05
600	0,009
900	0,0005
1.200	0,00025

Ces composantes de la force électromotrice appliquée à la ligne de traction tendent à développer des courants, lorsque le passage de ces courants est permis par la constitution d'un circuit fermé grâce à la présence d'une locomotive électrique sur la section alimentée. Il se trouve que l'impédance présentée par les machines de traction à courant continu, aux courants alternatifs, est particulièrement faible. Ainsi, en pratique, seule l'impédance propre

de la ligne intervient pour limiter l'intensité de ces courants harmoniques.

Les effets inductifs de ces courants peuvent donc être importants ; d'autre part, les fréquences de ces harmoniques sont très aisément audibles.

Ainsi le voisinage de lignes alimentées *directement* par des redresseurs à vapeur de mercure est susceptible d'apporter des troubles notables à l'exploitation des circuits téléphoniques ; dans des circonstances particulièrement désavantageuses (circuits téléphoniques fortement déséquilibrés), l'exploitation téléphonique peut même être rendue pratiquement impossible.

Dès l'apparition des premiers troubles, c'est-à-dire dès la mise en service des premiers redresseurs, les techniciens ont cherché à déterminer quelles dispositions convenables permettraient d'éliminer ces troubles. La solution qui paraît la plus en faveur, à l'heure actuelle, consiste en l'emploi de shunts résonnants disposés à l'origine des lignes de traction, à proximité du redresseur qui alimente ces lignes.

Entre l'électrode négative du redresseur destinée à être reliée aux rails de roulement et ces rails eux-mêmes, est disposée tout d'abord une bobine d'inductance de faible résistance : cette bobine, dite *bobine d'absorption*, contribue à limiter l'intensité des courants alternatifs débités par le redresseur. D'autre part, entre les barres, reliées l'une à l'électrode positive du redresseur et l'autre aux rails de roulement, sont placés quatre shunts résonnants, constitués chacun par une bobine d'inductance très peu résistante et un condensateur en série. Les valeurs des inductances et des capacités de ces quatre shunts sont déterminées de sorte que leurs fréquences de résonnance soient respectivement de 300, 600, 900 et 1200 par seconde.

Ces shunts dérivent donc la presque totalité des courants des fréquences indiquées : les harmoniques supérieurs débités par le redresseur subsistent, quoique affaiblis par le passage à travers la bobine d'absorption. Mais leur amplitude est très faible et leur fréquence les rend moins gênants pour l'exploitation téléphonique.

L'emploi de shunts résonnants se présente ainsi comme une

solution théoriquement satisfaisante. Il a donc été très intéressant d'étudier quels résultats pratiques pouvaient être obtenus grâce à ce moyen, et diverses séries d'expériences ont été faites à ce sujet dans différents pays, permettant ainsi de recueillir des renseignements relatifs à des conditions d'exploitation très variées.

De tels essais ont été exécutés en France en décembre 1931, et répétés en juillet 1932, sur des installations de la Compagnie des chemins de fer du Midi, aux sous-stations d'Espondeilhan et de Faugères. Ces sous-stations alimentent deux sections contiguës de la ligne de Béziers à Neussargues, électrifiée en courant continu à la tension de 1500 volts. Les sous-stations de cette ligne sont alimentées par une ligne de courant triphasé, à la tension de 60.000 volts et à la fréquence de 50 par seconde. Les trois modes de transformation du courant triphasé en courant continu mentionnées plus haut sont utilisés concurremment.

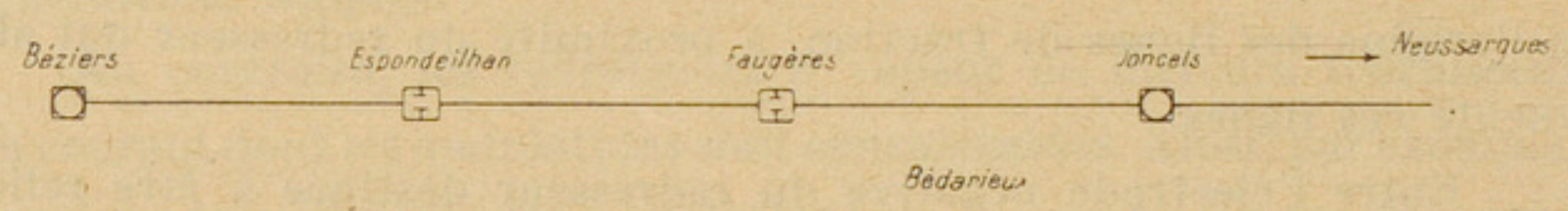


Fig. 1.

A partir de Béziers, tête de ligne, on rencontre successivement les sous-stations de :

Béziers, équipée au moyen de moteurs générateurs,

Espondeilhan, équipée au moyen de redresseurs à vapeur de mercure dodécaphasés,

Faugères, équipée au moyen de redresseurs à vapeur de mercure hexaphasés,

Joncels, équipée au moyen de commutatrices.

La distance entre deux de ces sous-stations est de l'ordre de 15 kilomètres. A partir de Béziers, longeant la voie ferrée, est une ligne téléphonique dont les plus longs circuits, circuits de Béziers à Bédarieux (31,700^{km}) sont en parallélisme avec la ligne de contact sur 27,600^{km}. Ces circuits, en conducteurs de cuivre de 2,5^{mm} de diamètre, sont disposés sur un armement en diagonale. Ils sont combinés.

La Compagnie des chemins de fer du Midi dispose elle-même sur ses emprises, de circuits téléphoniques de constitution semblable.

Des essais préliminaires ayant établi l'impossibilité d'assurer une exploitation satisfaisante des circuits téléphoniques parallèles à la ligne de contact quand celle-ci était alimentée directement au moyen de redresseurs à vapeur de mercure, la compagnie des chemins de fer du Midi fit installer, aux sous-stations d'Espondeilhan et de Faugères, des shunts résonnants ayant les caractéristiques suivantes :

	ESPONDEILHAN.		FAUGÈRES.	
	Inductance (milli-henrys).	Capacité (micro-farads).	Inductance (milli-henrys)	Capacité (micro-farads)
Bobine d'inductance en série avec l'alimentation.	0,8		0,8	
Circuit résonnant pour 300 p : s.	1,480	188,5	0,749	373,1
— — — 600 p : s.	2,935	23,9	1,497	47
— — — 900 p : s.	1,522	20,5	0,809	38,33
— — — 1.200 p : s.	1,482	11,71	0,738	23,8

Une série d'expériences fut alors entreprise en collaboration par le Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes et la Compagnie des chemins de fer du Midi, avec le concours de la compagnie Electro-mécanique, fournisseur des redresseurs et de la Société Brown-Boveri, à qui était due la spécification et la fourniture des shunts résonnants. La Commission mixte internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines apporta également sa contribution aux essais, en facilitant des prêts d'appareils et en prêtant le concours d'opérateurs du laboratoire du système fondamental de référence téléphonique.

Le programme général des expériences était de déterminer l'importance des tensions et des bruits induits sur les circuits téléphoniques parallèles à la ligne de traction, cette ligne étant ali-

mentée ou non, divers modes d'alimentation de la ligne étant utilisés, les shunts résonnants équipant les sous-stations étant en circuit ou hors circuit, la ligne étant à vide ou en charge.

Les modes d'alimentation utilisés ont été les suivants :

1. Mode d'alimentation correspondant aux conditions normales d'exploitation, toutes les sous-stations, travaillant en parallèle, débitant sur la ligne ;

2. Chaque sous-station alimentait une section de ligne, isolée des sections voisines ;

3. Une sous-station de redresseurs travaillait en parallèle avec une sous-station, le moteur-générateur, la ligne de contact n'étant pas sectionnée ;

4. Deux sous-stations de redresseurs travaillaient en parallèle ;

5. La ligne était alimentée par des machines rotatives.

Pour les essais en charge, il a été mis en service des trains spéciaux, parcourant à la vitesse normale la section de Béziers à Bédarieux. Un seul train circulait à la fois. Ces trains étaient :

a) des trains de 150 tonnes à traction électrique normale ;

b) des trains constitués au moyen d'une machine à vapeur remorquant une machine électrique dont les moteurs étaient hors circuit et dont les pantographes amenaient le courant de la caténaire à des résistances de valeur constante.

Les mesures effectuées ont été notamment les suivantes :

1° Mesures permettant de vérifier l'état normal des circuits téléphoniques d'essai ;

2° Mesures de la tension longitudinale ;

3° Mesures de l'importance des bruits développés sur les circuits téléphoniques ;

4° Mesures effectuées sur la ligne de traction en vue de mesurer les facteurs qui interviennent dans la détermination de l'action inductive et perturbatrice de la ligne : débit, tension, intensité et fréquence des harmoniques, tension perturbatrice équivalente.

L'importance des bruits a été exprimée par la valeur de la tension psophométrique ou tension de bruit, mesurée simultanément par comparaison auditive au moyen de l'appareil de Siemens et Halske décrit dans les « directives » du Comité consultatif inter-

national et par lecture sur un psophomètre indicateur. Un tel appareil est constitué par un voltmètre relié au circuit par l'intermédiaire d'un réseau filtrant, ne laissant parvenir au voltmètre qu'une fraction de la tension de chaque fréquence présente proportionnelle au degré de trouble apporté aux conversations téléphoniques par une tension parasite, de ladite fréquence et de valeur déterminée.

Les caractéristiques du réseau filtrant convenable ont été fixées par le Comité consultatif international en 1931.

Plusieurs psophomètres indicateurs ont été utilisés simultanément : dans la suite, on indiquera les seuls résultats obtenus au moyen d'un appareil étudié et réalisé par le Service de recherches de l'office des postes de Grande-Bretagne, cet appareil paraissant répondre le mieux aux conditions stipulées par le Comité consultatif international.

La tension perturbatrice équivalente de la ligne de traction a été déterminée également de la sous-station de Faugères dans les conditions préconisées par le Comité consultatif international, au moyen d'un appareil étudié et réalisé par la société Brown-Boveri. Cet appareil comporte, lui aussi, un réseau filtrant dont les caractéristiques sont comparables à celles des psophomètres. Deux appareils ont été utilisés : l'un établi suivant les données d'Osborne, l'autre suivant les données plus récentes du Comité consultatif international. Seules, les indications de ce dernier appareil seront mentionnées : les différences de lecture des deux appareils ont d'ailleurs été sans importance.

Les mesures psophométriques ont été exécutées à la fois sur les sections des circuits de Béziers à Bédarieux comprises d'une part entre Béziers et Faugères (30,4^{km}) et d'autre part entre Faugères et Bédarieux (8,8^{km}). Les résultats des mesures effectuées sur la plus longue section, étant les plus caractéristiques, seront seuls reproduits.

Une partie de ces essais a été reproduite le 19 juillet 1932, devant les membres de la Commission mixte internationale, en vue de la validation officielle des résultats par cette commission.

Voici un extrait des résultats de mesure obtenus, alors qu'aucun train ne circulait sur la ligne :

MESURES EFFECTUÉES SANS CIRCULATION DE TRAINS.

MODE DE LIAISON des sous-stations à la ligne de traction.	TENSION DE BRUIT : Mesure uditive.	Mesure objective.	TENSION longitudinale	TENSION perturbatrice.	OBSERVATIONS
	millivolts.	millivolts.	volts.	volts.	
1° Essais de décembre 1931 :					
1. Toutes les sous-stations effacées.....	1	—	0,2	—	
2. Béziers, Espondeilhan sans filtres, Faugères sans filtres, Joncels.....	50	—	36,5	52.7	
3. Béziers, Espondeilhan avec filtres, Faugères avec filtres, Joncels.....	2	—	3,2	4,0	
4. Espondeilhan sans filtres, Faugères sans filtres...	3	—	3	21	
5. Espondeilhan sans filtres, Faugères avec filtres..	1	—	2	0	
6. Béziers, Joncels.....	15	—	3,6	3,7 à 5,3	
7. Béziers, Faugères sans filtres.....	50	—	37	60	
8. Béziers, Faugères avec filtres.....	4	—	2.8	4,35	
9. Joncels, filtres d'Espondeilhan.....	—	—	—	—	
2° Essais du 13 juillet 1932 :					
10. Comme 1.....	12	8,4	0,4	—	
11. Comme 2.....	130	129	35	38	
12. Comme 3.....	15	13,2	3,4	3.4	
13. Comme 4.....	30	29,4	1,2	20	
14. Comme 5.....	8	9	3,4	0	
15. Comme 6.....	10	9,6	2,2	2.2	
16. Comme 7.....	65	51	32	42	
17. Comme 8.....	8	12	2,6	2,8	
18. Comme 9.....	10	12	1,6	1,5	

D'autre part, l'analyse de la forme d'onde de la tension fournie par les redresseurs à vapeur de mercure, reproduite au début de cette note, a été effectuée sur un des oscillogrammes relevés au cours des essais de Faugères.

Les conclusions du rapport commun, établi à la suite des essais de décembre 1931 par les représentants de la Compagnie des chemins de fer du Midi et de l'administration des Postes et Télégraphes, ont été les suivants :

A. *Origine des phénomènes observés.* — 1° Les redresseurs à vapeur de mercure sans filtre de Faugères et d'Espondeilhan développent une force électromotrice ondulée, riche en composantes de fréquences égales à 300, 600, 900 et 1200 périodes par seconde.

2° Les phénomènes observés sur les lignes téléphoniques parallèles à la ligne de Béziers à Neussargues sont principalement dus à l'induction magnétique des courants de ces fréquences qui peuvent circuler le long de la ligne de contact lorsque cette ligne appartient à un circuit fermé.

3° Il convient de noter, toutefois, qu'une partie du courant induit sur les circuits téléphoniques est due à la proximité des lignes triphasées avoisinantes ; c'est ainsi qu'au cours des essais, après suppression du courant sur les lignes caténaires, il a été noté des tensions de bruits de : 1 à 3 millivolts.

La suppression du courant sur la ligne à 60.000 volts de la Compagnie du Midi n'a eu aucune influence sur la déviation des appareils de mesure.

B. *Influence du mode d'alimentation de la ligne de prise de courant.* — 1° Le circuit comprenant la ligne de prise de courant et dans lequel se développent les courants perturbateurs peut être fermé :

a) par la liaison à la ligne de prise de courant d'une ou de plusieurs sous-stations de commutatrices ou de moteurs générateurs travaillant en parallèle avec des sous-stations de redresseurs pour l'alimentation de la ligne de traction ;

b) par la présence d'un train sur la section électrifiée ;

c) éventuellement, par la présence de shunts résonnants aux sous-stations.

2° Quand la ligne de prise de courant est alimentée par une ou plusieurs sous-stations de redresseurs à vapeur de mercure (avec ou sans shunts résonnants) et une ou plusieurs sous-stations de génératrices rotatives travaillant en parallèle, la présence d'un train avec charge de 150 tonnes, ou d'un train absorbant environ 100 ampères de courant continu, dans une section comprise entre un redresseur et une génératrice rotative, ne modifie que dans une proportion très faible l'importance des effets d'induction sur les lignes téléphoniques : ce train se comporte donc, pour les courants perturbateurs, comme une dérivation d'impédance élevée par rapport à celle des machines rotatives des sous-stations.

3° Lorsqu'aucun train ne parcourt la voie électrifiée, des effets perturbateurs et inductifs importants sont observés, quand une ou deux sous-stations de redresseurs, sans shunts résonnants, travaillent en parallèle avec des sous-stations de machines rotatives.

C. *Efficacité des shunts résonnants.* — 1° Le rôle des shunts résonnants équipant les sous-stations de redresseurs à vapeur de mercure est de dériver, avant qu'ils n'atteignent la ligne de prise de courant, les courants harmoniques de fréquence égale à 300, 600, 900 et 1200 périodes par seconde.

2° Dans les conditions normales d'exploitation de la ligne électrique de Béziers à Joncels, c'est-à-dire alors que la ligne de traction est alimentée par les sous-stations de Béziers, Espondeilhan, Faugères et Joncels travaillant en parallèle, l'effet de la mise en circuit des shunts résonnants équipant les sous-stations d'Espondeilhan et de Faugères est de réduire sensiblement à moins du dixième de leur valeur antérieure

a) la tension de bruit sur les circuits téléphoniques,

b) la tension longitudinale, le long de ces circuits,

c) la tension perturbatrice équivalente de la ligne de traction (définie suivant les règles établies par le Comité consultatif international soit à partir des données d'Osborne en 1919, soit à partir du tableau des poids indiqué par le Comité consultatif international en septembre 1931) ;

ce résultat est valable qu'il y ait ou non circulation des trains sur la voie électrifiée.

3° Un résultat analogue est obtenu quand la ligne de prise de courant se trouve alimentée par une ou deux sous-stations de redresseurs et qu'il y a circulation d'un train.

4° Les résultats ainsi acquis sont plus favorables, dans l'ensemble, que ceux que l'on obtient en alimentant la ligne de prise de courant au moyen des seules sous-stations de machines rotatives de Béziers et de Joncels.

5° La présence de shunts résonnants aux sous-stations de redresseurs à vapeur de mercure a, en contre-partie, pour effet de permettre et même de favoriser la circulation, le long de la ligne de prise de courant, des courants de fréquence égale à 300, 600, 900, ou 1200 périodes par seconde, s'il se trouve, en dehors des sous-stations équipées, une sous-station qui puisse engendrer des courants de ces fréquences : ce peut être le cas de sous-station de commutatrices transformant le même courant alternatif que les redresseurs à vapeur de mercure.

D. *Comparaison de redresseurs à vapeur de mercure de modèle différent.* — Le redresseur dodécaphasé d'Espondeilhan, pourvu ou non de shunts résonnants, semble amener des perturbations aussi importantes à l'exploitation du téléphone que le redresseur hexaphasé de Faugères travaillant dans des conditions analogues. L'adoption d'un redresseur à douze phases ne paraît donc pas devoir dispenser de l'emploi de shunts résonnants.

Comme, d'autre part, au point de vue financier, il est plus économique de disposer des filtres sur des redresseurs hexaphasés que d'installer des redresseurs dodécaphasés sans filtres, il semble indiqué d'adopter, s'il y a lieu, pour l'électrification de nouvelles lignes des redresseurs du type hexaphasé avec filtres.

Conclusion : Au cours de la session de la Commission mixte internationale tenue à Paris du 15 au 21 juillet 1932, les expériences décrites ont été validées. Leurs résultats ont été rapprochés de ceux qui ont été recueillis récemment dans quelques autres pays et ont amené la Commission mixte internationale à formule, les conclusions suivantes :

« Il résulte des expériences effectuées en Allemagne, en France, en Grande-Bretagne et en Italie, qu'il est possible d'atténuer dans

une très large mesure les troubles causés sur les lignes téléphoniques bien équilibrées par les lignes à courant continu alimentées au moyen de redresseurs à vapeur de mercure.

« Le procédé qui a donné à cet effet les meilleurs résultats consiste à disposer sur la ligne à courant continu, à la sortie de la sous-station, un filtre constitué par une bobine d'inductance placée en série sur le fil de contact et par quatre circuits résonnants disposés en parallèle entre ce fil et la terre. Dans les cas pratiques sur lesquels ont porté les expériences et où la fréquence primaire était de 50 périodes par seconde, des résultats satisfaisants ont été obtenus au moyen de quatre circuits résonnants, accordés aux fréquences de 300, 600, 900 et 1200 par seconde.

« Sans qu'il soit possible, en raison de la diversité des conditions qui peuvent se présenter, de fixer une valeur du coefficient de réduction s'appliquant à tous les cas, on peut dire que ces dispositifs de protection sont susceptibles de ramener les troubles causés par les redresseurs au même niveau que ceux qui résulteraient d'un groupe tournant bien établi, fonctionnant dans les mêmes conditions.

« Il ne résulte pas des comparaisons qui ont pu être faites entre les redresseurs à 12 phases et les redresseurs à 6 phases que le premier de ces types présente, au point de vue de la lutte contre les perturbations, une supériorité sur le second. »

INFORMATIONS.

L'appel par impulsions induites sur les lignes téléphoniques équipées de translateurs. — Les règlements suisses imposent parfois, par mesure de sécurité, l'insertion sur les lignes d'abonnés d'un transformateur de haute rigidité diélectrique (7000 volts entre enroulements), d'une part à l'entrée du poste d'abonné et d'autre part à la sortie du bureau central : cette précaution est prise lorsque la ligne de l'abonné est particulièrement exposée soit aux décharges atmosphériques, soit à l'influence de lignes d'énergie à haute tension.

Dans le cas d'un réseau téléphonique automatique, la présence des translateurs de protection sur les lignes des abonnés rend impossible la commande par impulsions ordinaires de courant continu ; l'administration suisse des téléphones a alors recours soit à la commande par impulsions de courant alternatif (système qui a l'inconvénient d'exiger des sources de courant alternatif de secours pour pallier aux défaillances du secteur), soit à la commande par impulsions induites.

Dans ce dernier système de commande, le crochet commutateur ou le disque d'appel de l'abonné coupent, dans un circuit local, le courant d'un accumulateur de 6 volts ; un transformateur, de rapport élevé, relie ce circuit local au primaire du translateur de protection ; chaque établissement du courant dans le circuit local engendre sur la ligne une brève impulsion induite d'un certain sens et chaque rupture du même courant engendre sur la ligne une impulsion induite de sens opposé. Ces impulsions induites traversent les translateurs de sécurité et sont reçues, au bureau central, dans un relais polarisé dont l'armature commande les organes automatiques par l'intermédiaire d'un retransmetteur d'impulsions. Une ligne d'abonné, coupée par des translateurs de protection, reçoit donc, tant au bureau central que chez l'abonné, un équipement supplémentaire constitué par un

certain nombre de relais ; les manœuvres de l'abonné demeurent les mêmes que dans un réseau automatique ordinaire à batterie centrale.

L'administration suisse a étendu la commande par impulsions induites au cas des installations à appel sélectif sur lignes partagées : l'équipement supplémentaire de chacun des postes d'abonnés raccordés à la ligne partagée comporte alors un relais polarisé ; pour éviter que la ligne ne soit bloquée à la suite du fonctionnement intempestif d'un de ces relais (ces relais polarisés, très sensibles, peuvent être actionnés lorsque la ligne téléphonique subit une forte induction), on a prévu, dans l'équipement de la ligne placée au bureau central, un relais thermique qui provoque, dans certaines conditions, une libération automatique.

(*Bulletin technique de l'administration des télégraphes et des téléphones suisses.*)

Erratum. — Dans notre fascicule d'avril, les échelles des figures 4 et 5 de l'article de MM. Bigorgne et Marzin (pages 318 et 319) n'ont pas été indiquées. Ces échelles sont telles, que la longueur AX représente 20 mètres sur la figure 4 et 10 mètres sur la figure 5.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

742.592. Transmission utilisant le faisceau lumineux produit par un arc (R.-P. Delaplace, France).

Téléphonie.

742.289. Boite de raccordement (W. Quante, Allemagne).

742.567. Système de signalisation téléphonique automatique pour appel de secours (J.-S. Tuscher et M. Spiro, France).

742.731. Perfectionnements aux microphones (Siemens brothers and C° limited, Angleterre).

742.932. Perfectionnements aux dispositifs de téléphonie automatique interurbaine (Société industrielle des téléphones, France).

743.211. Procédé, applicable aux systèmes électriques de signalisation, pour la connexion d'un circuit transmettant des courants dans les deux sens avec des circuits ne transmettant que dans une seule direction, et dispositifs pour la mise en œuvre du procédé (Le Matériel téléphonique, France).

Transmission des images.

742.218. Dispositif pour la décomposition et la composition d'images dans les appareils de télévision. (H. Hansel et Mlle M. Seidel, Allemagne).

742.243. Perfectionnements aux appareils de télévision (A. Jobin et G. Yvon, France).

742.615. Perfectionnements aux appareils de télévision ou appareils analogues (R. Lyon et A.-T. Stoyanowsky, France).

742.665. Perfectionnements aux dispositifs de synchronisation pour la télévision (R. S. Clay, Angleterre).

742.671. Perfectionnements aux procédés de communication par télévision et aux systèmes de télévision (Radio corporation of America, Etats-Unis).

742.674. Procédé de transmission à distance pour la télévision (M. von Ardenne, Allemagne).

743.058. Perfectionnements aux appareils transmetteurs de télévision (T. Nakashima et K. Takayanagi, Japon).

Pour pouvoir transmettre l'image animée d'un objet situé dans un endroit éclairé (au lieu d'une chambre noire) on utilise au poste émetteur de télévision deux cellules photoélectriques : 1° l'une, la cellule d'analyse, reçoit à la fois la lumière d'éclairage de la chambre et la lumière réfléchie successivement par les divers points de l'objet à travers le dispositif analyseur ; 2° l'autre, la cellule neutralisante, ne reçoit que la lumière d'éclairage de la chambre.

Les tensions photoélectriques produites par ces deux cellules sont mises en opposition dans le circuit d'entrée de l'amplificateur du poste émetteur de télévision, de sorte que l'effet de l'éclairage de la chambre est annihilé au point de vue de la transmission télévisuelle.

743.059. Perfectionnements aux appareils récepteurs de télévision (T. Nakashima et K. Takayanagi, Japon).

743.060. Perfectionnements aux appareils amplificateurs de courant de télévision (T. Nakashima et K. Takayanagi, Japon).

743.061. Perfectionnements aux appareils de reproduction d'images par télévision (T. Nakashima et K. Takayanagi, Japon).

743.182. Perfectionnement aux dispositifs d'exploration de télévision, télécinématographie (invention R. Barthélemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France).

Pour diminuer le scintillement de l'image reçue en télévision, sans trop augmenter le nombre des images transmises par seconde, on explore, au poste émetteur, en moins d'un vingtième de seconde, une seule moitié de l'image au moyen de lignes fines non contigues mais intéressant les diverses parties de l'image ; et ensuite pendant un temps égal à cette première exploration on explore soit l'autre moitié de la scène à transmettre s'il s'agit de télévision soit la moitié de la figure suivante du film (déroulé à raison de 24 images par seconde) s'il s'agit de télécinématographie.

Ces deux moitiés d'image se complètent et donnent une impression d'ensemble sur la rétine de l'observateur au poste récepteur de télévision.

Radiocommunications.

742.160. Perfectionnements aux amplificateurs à tubes à vide (L.-M.-M.-P. Couillard, France).

742.288. Boite interne de raccordement ou de dérivation pour installations de transmissions radiophoniques (W. Quante, France).

742.359. Chercheur pour postes à galène (G.-M.-J. Rouzié, France).

742.519. Perfectionnements aux systèmes d'ondes ultra-courtes (International communications laboratories, Etats-Unis).

742.528. Procédé et système pour la transmission électrique de documents (Radio corporation of America, Etats-Unis).

742.537. Système de transmission des ondes électromagnétiques ultra-courtes (International communications laboratories, Etats-Unis).

742.538. Dispositifs modulateur et démodulateur pour les communications par ondes ultra-courtes (International communications laboratories, Etats-Unis).

742.549. Dispositif de couplage pour systèmes distributeurs multiples à conjonction et disjonction sans inertie des canaux de transmission en succession cyclique (Siemens et Halske, Allemagne).

742.593. Procédé d'amplification-démodulation pour la radioréception et dispositif pour l'exécution de ce procédé (F. Michaud, France).

742.786. Meuble pour T.S.F., et pick-up combinés (L'Etau-ampli, France).

742.833. Tapis antenne pour T.S.F. (Electrotresse, France).

742.928. Montage de réception radiophonique (T. van der Kolk et Ph. K. M. Klasing, Pays-Bas).

742.972. Dispositif pour la commutation dans les deux sens pour ondes-ultra courtes (Süddeutsche Telefon Apparate, Kabel und Drahtwerke A. G. Tekade, et J. Pintsch A. G. Allemagne).

743.063. Installation pour des transmissions sans fil (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

743.220. Emploi de noyaux en poudres magnétiques isolées dans la réalisation des transformateurs et des bobines de self fixes ou variables (J.-L.-E. Topart, France).

BIBLIOGRAPHIE.

La télévision expérimentale, par J. VAN DYCK. Paris, Dunod, 1932. 1 vol. in-8° de 186 pages, avec 85 figures. — Prix : 26f,25.

Cet ouvrage expose l'état actuel de la pratique de la télévision et comprend quatre parties. La première rappelle certains principes théoriques relatifs au fonctionnement de l'œil humain, à l'analyse et à la reconstitution des images au moyen de miroirs ou de disques explorateurs, à la synchronisation entre ces dispositifs explorateurs, à la traduction des impressions lumineuses en courants électriques et *vice versa*. La deuxième partie donne des indications précises sur la manière de construire un poste récepteur de télévision avec disque explorateur, lampe au néon et roue phonique. La troisième partie donne les remèdes à appliquer lorsque les images reçues sont défectueuses : images dirigées en hauteur ou en largeur, images renversées, négalives ou doubles, images traversées de stries sombres ou trop brillantes, images étirées et déformées, images dures, images fuyant continuellement, etc... La quatrième partie indique dans quel sens on s'efforce actuellement de perfectionner la télévision, afin d'obtenir des images plus fines et de plus grande luminosité. L'ouvrage se termine par une importante bibliographie.

G. V.

Le gerant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 9-6-33.

LES MESURES RADIO-ÉLECTRIQUES AU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIO-ÉLECTRICITÉ.

Le développement des radio-communications, depuis une dizaine d'années, a conduit les différents pays à organiser des laboratoires officiels de mesure, permettant de vérifier le fonctionnement et la discipline des stations d'émission, d'étudier les appareils de réception, et de chiffrer les progrès accomplis par les uns et les autres.

Chargé, en France, de ces fonctions, le Laboratoire national de radio-électricité a mis au point et continue de perfectionner les méthodes de mesure indispensables.

Il est dirigé par un conseil, présidé d'abord par le général Ferrié, puis par M. Janet, et par un directeur, qui est actuellement M. Gutton.

Nous nous proposons ici de présenter le travail accompli dans son ensemble par ce laboratoire et d'indiquer les services qu'il peut actuellement rendre aux constructeurs et utilisateurs d'appareils radio-électriques.

Suivant un classement purement arbitraire et par simples raisons de commodité, nous examinerons successivement dans l'ordre suivant :

1° les mesures du champ électro-magnétique (rayonnement des émetteurs, propagation des ondes) ;

2° les mesures sur les récepteurs (sélectivité, sensibilité, fidélité...) ;

3° les mesures de fréquence, actuellement les plus précises de toutes celles qu'effectue le Laboratoire (étalons absolus, étalons secondaires, ondemètres) ;

4° les mesures d'intensité, de tension, d'inductance, de capacité, de résistance..., en haute fréquence ;

5° les essais des lampes, tant pour l'émission que pour la réception.

***

I

MESURES DE CHAMP ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE [1].

A. Buts.

De telles mesures peuvent servir :

1° à déterminer le *rayonnement utile des postes émetteurs*, la *hauteur effective* de l'antenne et, s'il y a lieu, le diagramme directionnel ; par suite, à apprécier le bénéfice apporté par tel ou tel changement : augmentation de hauteur ou de surface, changement de forme, mise à la terre ou isolement des pylônes, emploi d'un réflecteur, etc... ;

2° à déterminer l'importance du *rayonnement nuisible* ou des *émissions non-essentielles*, en particulier l'importance des *harmoniques* d'une émission, ou du brouillage produit à une distance donnée ;

3° à étudier la propagation des ondes sur différents terrains, suivant leur fréquence d'une part, et d'autre part la saison, l'heure, le lieu ; à rechercher l'absorption par les obstacles, les montagnes, les forêts, les zones urbaines, etc... ; pour étudier les variations du champ pendant la nuit, on peut en faire des enregistrements continus automatiques : ces observations présentent un grand intérêt, à la fois au point de vue scientifique et au point de vue de la répartition rationnelle des postes ;

4° à étudier les *parasites*, que l'on peut mesurer comme des signaux : en ce qui concerne les atmosphériques, on déterminera ainsi leur intensité et sa variation avec les circonstances ; en ce qui concerne les parasites industriels ou artificiels de toute espèce, on pourra chiffrer le trouble apporté aux environs, et sa réduc-

1. Note présentée par P. David, ingénieur en chef.

tion possible sous l'effet de tel ou tel *dispositif antiparasite* ;

5° par la mesure comparée des signaux, des brouillages et des parasites, à rechercher l'emplacement optimum, le plus favorable pour une réception donnée.

B. Moyens et dispositifs employés.

Pour mesurer le champ électromagnétique E (fig. 1),

1° On le fait agir sur un collecteur d'ondes, de rendement connu (cadre dont on a mesuré la surface, ou antenne de forme simple dont on peut déterminer la hauteur effective) ; soit h la hauteur effective de ce collecteur : la force électromotrice recueillie est :

$$e = h.E;$$

2° On repère cette force électromotrice en la faisant agir sur un récepteur suffisamment sensible et stable, terminé par un appareil de mesure sur lequel on peut lire une certaine déviation ; le Laboratoire dispose de récepteurs spéciaux pour cet usage : dans la gamme de radio-diffusion, on emploie un ou plusieurs étages d'amplification en haute fréquence à grille-écran, éventuellement un changement de fréquence, et l'on mesure la variation de courant détecté ; pour les ondes plus longues, on effectue un changement de fréquence par hétérodyne locale, et le battement audible est de nouveau amplifié et détecté ; pour les ondes courtes, on emploie généralement la super-réaction ; pour les enregistrements continus de la valeur du champ, l'appareil de mesure est un milliampèremètre enregistreur ;

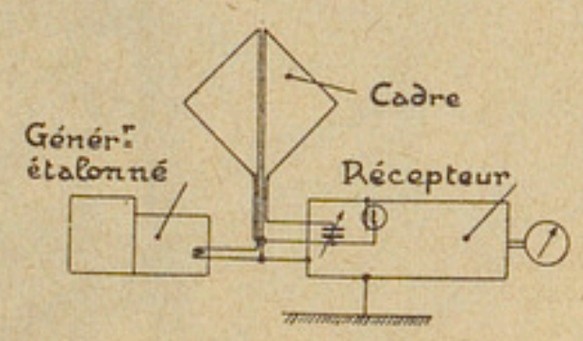


Fig. 1. — Schéma de principe du dispositif pour la mesure du champ.

3° Puis, sans rien toucher au récepteur, on tourne le cadre à l'extinction (ou l'on attend la fin du signal) et l'on substitue à la force électromotrice induite e une force électromotrice locale, de même fréquence, dont on règle l'amplitude pour obtenir la même déviation à la sortie du récepteur ; cette force électromotrice est fournie par un *générateur étalonné* (comprenant un petit émetteur blindé, alimenté à travers des filtres, et fournissant une intensité connue),

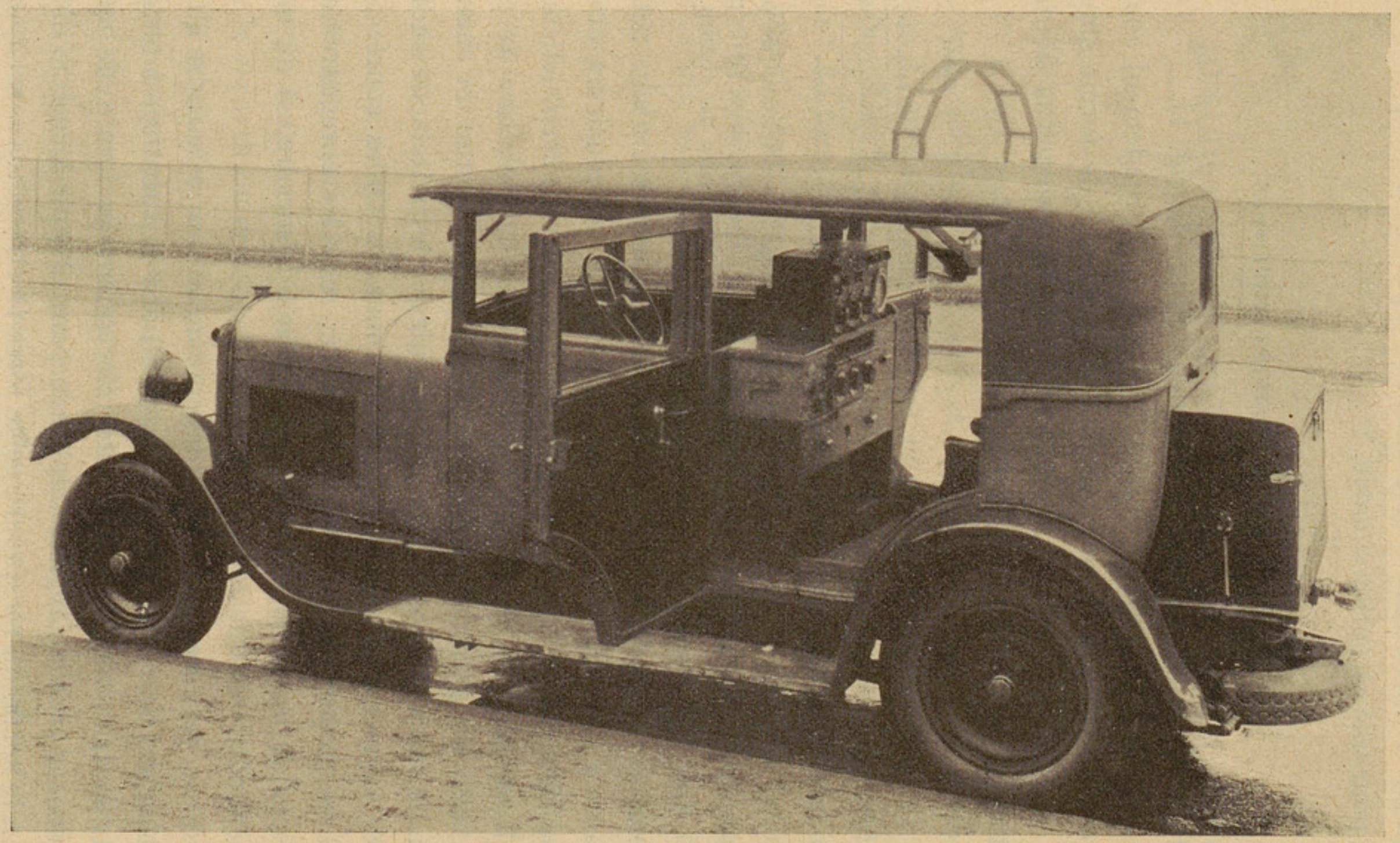


Fig. 2. — Dispositif de mesure du champ, installé dans une voiture de tourisme.

suivi d'un *affaiblisseur* qui permet de ne prendre qu'une petite fraction connue de la tension fournie ; ce générateur est décrit plus loin. On a ainsi déterminé la force électromotrice e par une méthode précise, analogue à une double pesée. On en déduit le champ E cherché.

Dans le cas d'un enregistrement, on le gradue de temps à autre

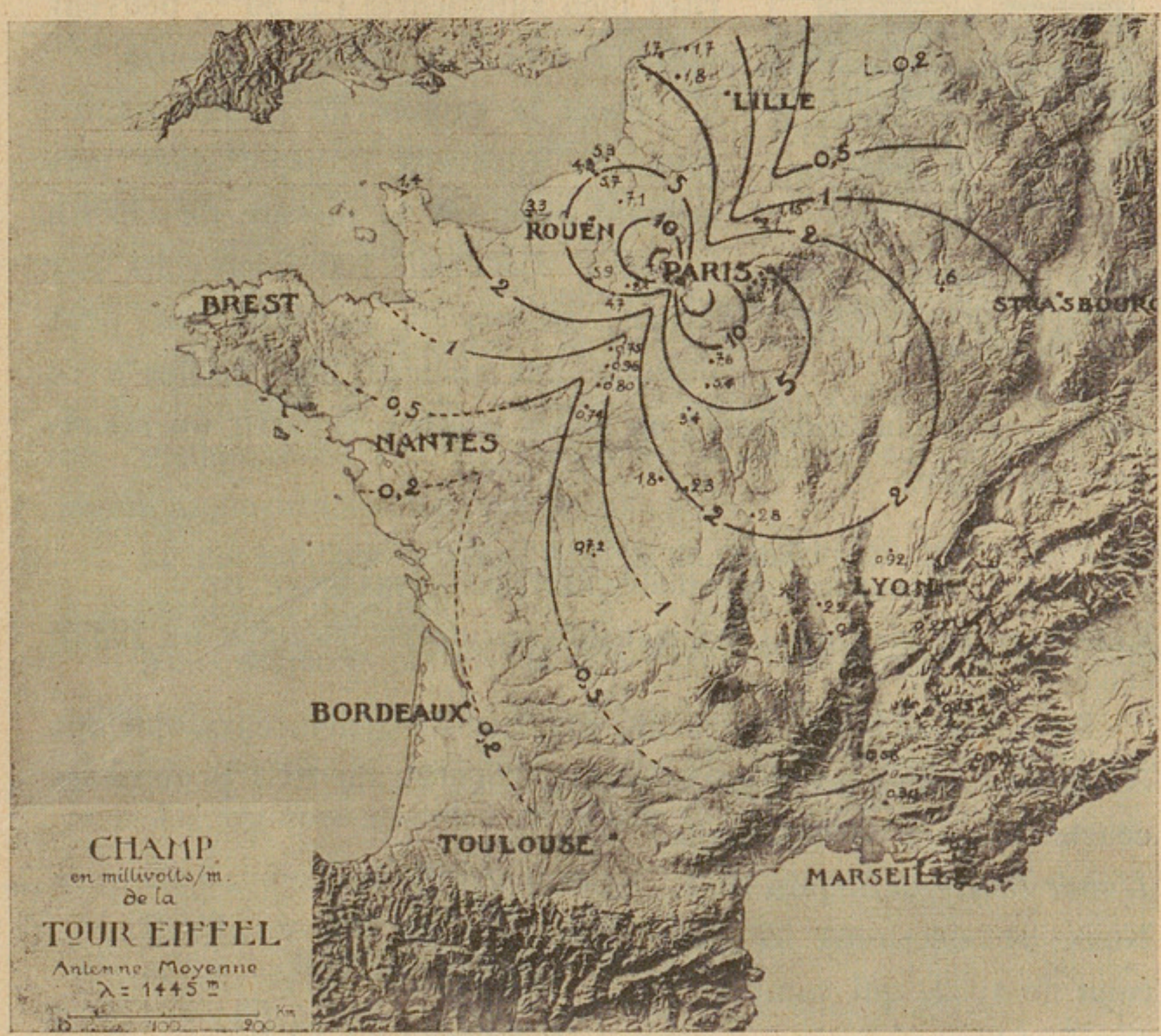


Fig. 3. — Carte du champ radio-électrique de la tour Eiffel.
(antenne moyenne : $l = 1445^{m}$)

en valeur absolue ; pour cela, on interrompt la réception en tournant le cadre, et l'on y introduit des forces électromotrices e_1, e_2..., e_n connues, en notant sur le diagramme les déviations correspondant à ces valeurs du champ.

L'opération de mesure dure quelques minutes au plus ; le matériel est tout entier transportable dans une voiture de tourisme, de sorte que l'on peut rapidement explorer le champ dans

une région donnée, et tracer la *carte radio-électrique* des émetteurs (fig. 2, 3 et 4).

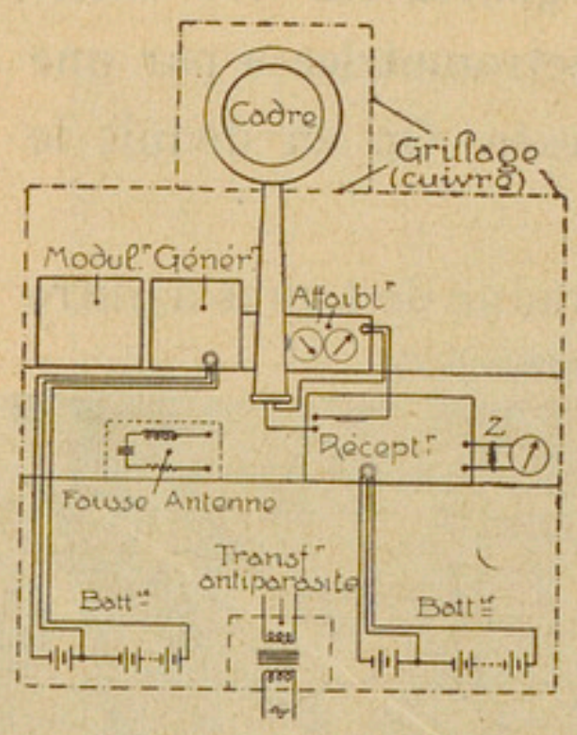


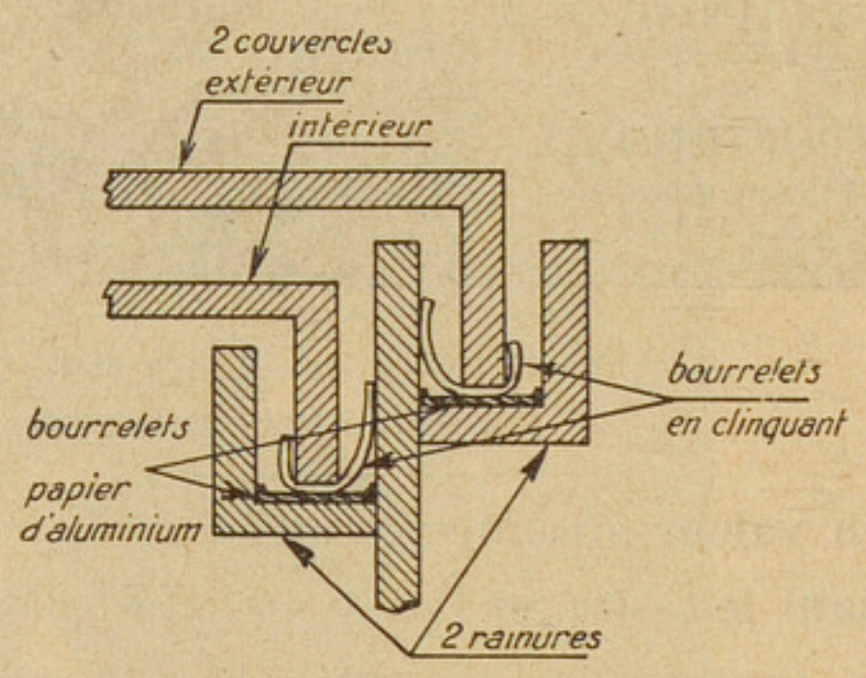
Fig. 4. — Disposition d'une cabine blindée pour essais de récepteurs.

La précision de chaque mesure peut atteindre 5 à 10 % en un point donné ; mais lorsqu'on se déplace, les influences locales peuvent entraîner des irrégularités bien supérieures (± 50 % peuvent être observés sans raison apparente).

Dans la gamme de la radio-diffusion, les appareils transportables permettent aisément la mesure du champ à partir d'environ 100 microvolts par mètre ; en cas de nécessité, on peut mesurer des champs plus faibles avec des appareils plus sensibles : en ondes courtes, à partir du microvolt par mètre.

C. Description du générateur étalonné du Laboratoire national de radioélectricité (modèle de 1932).

Il a été construit plusieurs modèles de générateurs, qui ont été perfectionnés progressivement. Le modèle de 1931 pour ondes courtes a été décrit dans *L'onde électrique* de juin 1931. Nous ne décrirons ici que celui de 1932, qui comprend (fig. 5 et 6) :



Fig, 5. — Fermeture à double couvercle.

1° un *émetteur blindé*, fournissant le courant de fréquence désirée, avec une puissance suffisante pour être repérée par un appareil thermique de mesure ;

2° des *filtres*, permettant son alimentation et sa manipulation de l'extérieur (par secteur, ligne, etc)... ;

3° un *affaiblisseur*, permettant de prélever une fraction, très

petite et connue, de la tension fournie : cet affaiblisseur comporte trois éléments identiques successifs, à induction mutuelle variable suivant une loi sinusoïdale ;

4° un *modulateur*, qui peut être facultativement adjoint pour moduler l'émission par ondulation de la tension de plaque ; ce modulateur est également blindé ; il est alimenté par les mêmes sources et à travers les mêmes filtres que l'émetteur.

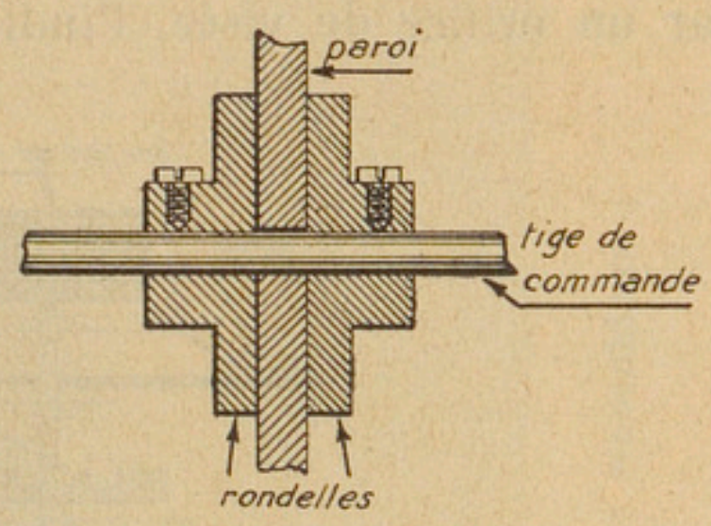


Fig. 6. — Passage des commandes à travers le blindage.

Les trois premières parties sont, en général, solidairement montées sur une planchette, dont l'encombrement est d'environ 75 × 30 × 25 centimètres, et le poids d'environ 30 kilos (sauf pour le modèle pour grandes ondes, où l'épaisseur du blindage est augmentée, ce qui entraîne une légère augmentation de poids).

Le modulateur se place à côté du générateur et s'y relie par une connexion blindée.

Nous donnons ci-dessous une description rapide de ces différents organes, ainsi que de la méthode d'étalonnage.

Le générateur étalonné existe en trois modèles différents, pour les gammes d'ondes suivantes (approximativement) :

O. C., de 12 à 100 mètres ;
O. M., de 100 à 3.000 mètres,
O. L., de 2.500 à 20.000 mètres.

Emetteur blindé. — Il comporte deux lampes, alimentées sous 4 et 120 volts. Le montage, symétrique pour les ondes courtes, en parallèle pour les ondes moyennes et longues, ne présente rien de particulier. Pour la manipulation, on coupe le retour de grilles.

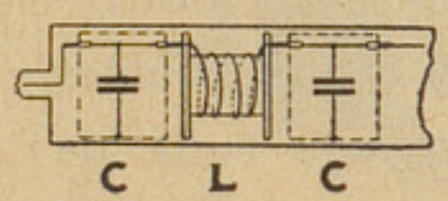


Fig. 7. — Schéma d'un filtre.

Le courant dans le circuit oscillant est mesuré par un milliampèremètre Weston M de 250 millimètres ; une dérivation est amenée symétriquement à l'entrée de l'affaiblisseur.

Les bobinages sont interchangeables et blindés.

Tous les organes (sauf un interrupteur et un rhéostat extérieur) sont à l'intérieur d'une cage de Faraday en laiton ou en cuivre, avec double couvercle et bourrelets de clinquant. Une petite lampe d'élairage, alimentée en parallèle avec les triodes, permet de lire, par un orifice de visée, l'indication de l'ampèremètre. Les com-

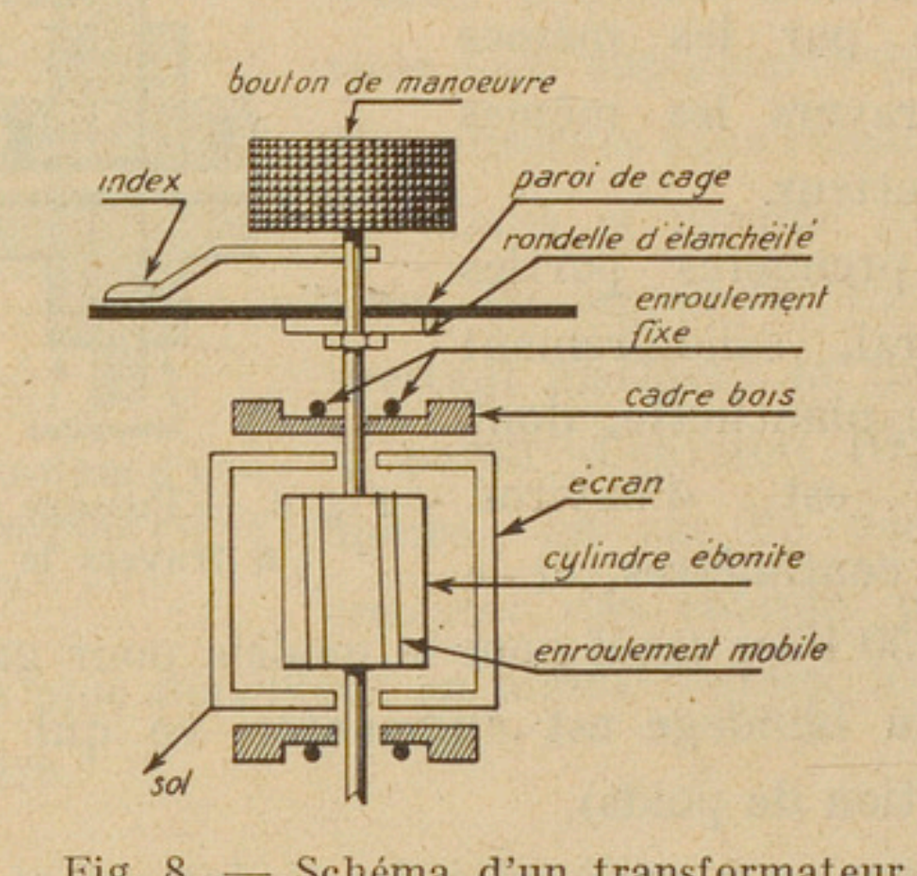


Fig. 8. — Schéma d'un transformateur sinusoïdal.

mandes du condensateur variable et du condensateur d'appoint se font de l'extérieur, par des tiges de commande qui sont mises à la masse à la traversée de la paroi, la fuite étant en outre empêchée par une rondelle d'étanchéité. Les figures 7 et 8 représentent cette disposition.

Filtres. — L'émetteur est alimenté de l'extérieur à travers des filtres qui laissent passer les courants continus de chauffage et de plaque, tout en arrêtant la haute fréquence.

Chaque filtre se présente sous la forme d'un cylindre, de laiton, fixé d'un côté sur la paroi même de la cage « émetteur » ; on y introduit à la file des condensateurs blindés (en shunt) et des bobines d'inductance (en série), de manière à constituer une suite de cellules « passe-bas » en nombre suffisant (en général, une ou deux suffisent) (fig. 9).

Chaque ensemble comporte trois filtres : l'un connecté au + 4 volts, un autre au + 120 volts, la masse étant au — 4 volts ;

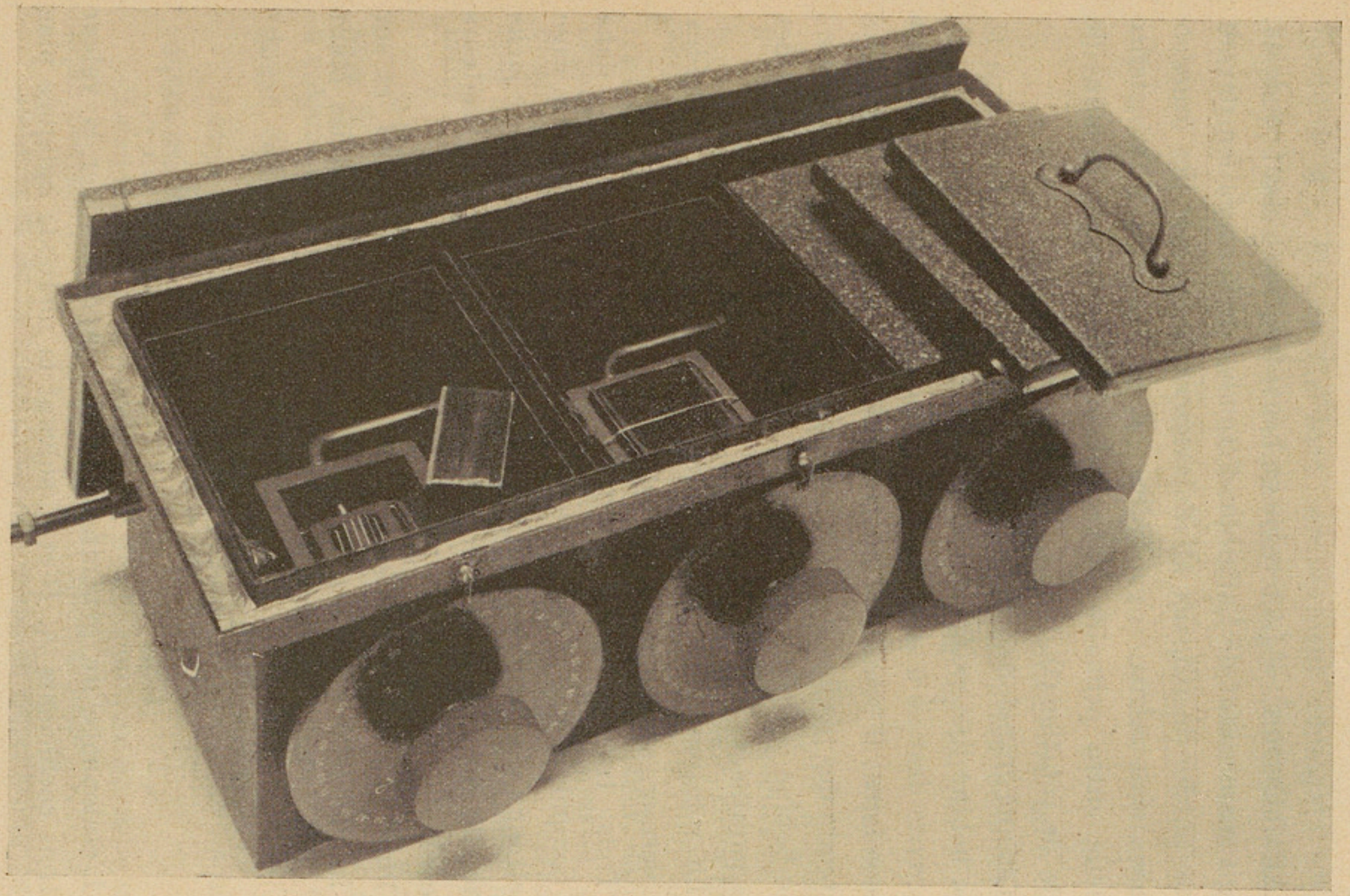


Fig. 9. — Ensemble de l'affaiblisseur à trois tranformateurs sinusoïdaux.

le troisième filtre est disponible, pour commander une manipulation ou pour alimenter séparément le chauffage des lampes du modulateur.

Affaiblisseurs. — La tension en haute fréquence étant produite, il s'agit maintenant de l'affaiblir, l'étendue de la variation devant être de l'ordre de 10^7. Cet affaiblissement se fait par des *transformateurs sinusoïdaux*, c'est-à-dire dans lesquels l'inductance mutuelle entre primaire et secondaire varie comme le sinus de l'angle de rotation [1].

Chaque transformateur comporte :

une bobine fixe extérieure à section carrée ;

un *écran* destiné à supprimer la capacité parasite entre primaire et secondaire ; il comprend quatre parties en carton, sur lesquelles on a tendu des fils fins parallèles, réunis électriquement à la masse ;

une bobine intérieure cylindrique dont les spires sont dans des plans parallèles.

La rotation de la bobine mobile est repérée par un index avec vernier, se déplaçant sur un cadran gradué.

Trois transformateurs semblables sont juxtaposés dans trois compartiments d'une boîte en laiton, reliée par tube à la cage « émetteur ». La fermeture est à double couvercle. Un jeu de jacks permet de prendre à volonté un, deux ou trois transformateurs successifs.

Pour une intensité donnée dans la cage « émetteur », et sur une fréquence donnée, les angles lus aux bobines mobiles étant α, β, et γ la force électromotrice à la sortie est :

avec un seul transformateur : $A \sin \alpha$;
— deux — : $B \sin \alpha \sin \beta$;
— trois — : $C \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma$.

L'étalonnage du générateur consiste à déterminer la valeur des trois coefficients A, B et C suivant la méthode indiquée plus loin.

---

1. Les conditions à remplir pour obtenir ce résultat ont été indiquées en 1921 par M. Mesny (*Onde électrique* : janvier 1922, p. 54).

Quant à leur variation en fonction de la fréquence, il résulte du principe même de l'affaiblisseur que ces trois coefficients sont sensiblement proportionnels à la fréquence ; autrement dit, les produits $A.l$, $B.l$ et $C.l$ sont sensiblement constants, et sont employés souvent de préférence par simplicité. Cependant cela n'est plus exact pour les ondes courtes, où l'étalonnage précis devient nécessaire en fonction de la fréquence, en raison des capacités parasites et de la variation rapide des résistances des circuits.

La vérification individuelle des transformateurs, faite comme il sera indiqué plus loin, montre que la variation de l'induction mutuelle comme le sinus de l'angle de rotation est bien effectivement obtenue, à environ 2 % près.

Modulateur. — Le modulateur, facultativement adjoint au générateur, consiste en une cage blindée supplémentaire, dans laquelle se trouve un oscillateur à fréquence musicale, deux lampes amplificatrices, un transformateur permettant d'appliquer la tension produite sur la plaque des lampes de l'émetteur, enfin des organes de réglage et de mesure permettant d'ajuster et de mesurer les composantes continue et alternative de cette tension de plaque ondulée, d'où l'on déduit la profondeur de modulation.

L'oscillateur musical est réalisé suivant un schéma stabilisé avec lampe bigrille. Dans un premier modèle (fig. 10), il donne à volonté trois notes ; dans un second, plus encombrant, il en donne douze, comprises entre 25 et 8.000 p /s.

Les précautions nécessaires ont été prises pour que les harmoniques soient très faibles.

Le modulateur se connecte au générateur par un tube métallique contenant les trois connections nécessaires.

Pour faire de la téléphonie, on remplace l'oscillateur musical par le secondaire d'un transformateur microphonique attaquant les lampes amplificatrices ; le microphone est placé à l'extérieur, au voisinage de la cage.

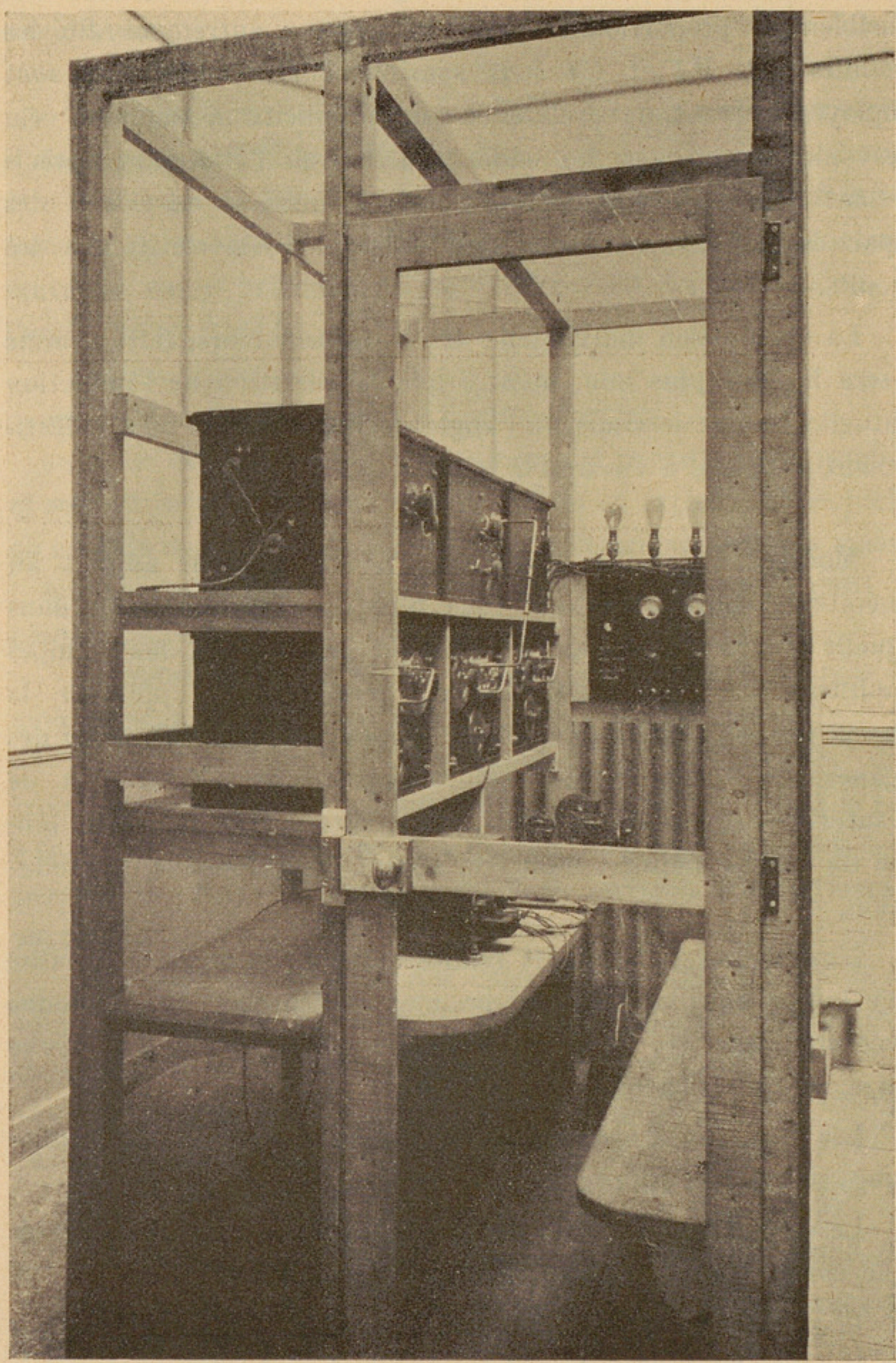


Fig. 10. — Cabine blindée pour les essais de récepteurs.

Etalonnage. — L'étalonnage présente la particularité de se faire sans aucune mesure d'inductance, résistance ou capacité et sans mesure absolue d'intensité : il se fait entièrement avec le *voltmètre amplificateur seul*, considéré comme fournissant la grandeur électrique la mieux connue aux fréquences très élevées : la *tension* (efficace).

Le voltmètre amplificateur est d'un modèle symétrique à deux lampes. Sur les deux grilles, sont intercalés des condensateurs, shuntés par des résistances élevées ; la valeur de ces condensateurs est telle, qu'on peut la doubler ou la réduire de moitié sur chaque fréquence sans modifier la lecture : on peut donc dire qu'elle n'influe pas sur l'étalonnage.

Le voltmètre est étalonné en basse fréquence par comparaison avec les meilleurs voltmètres thermiques existants. Il permet donc de mesurer les tensions comprises entre le volt et le dixième de volt environ, avec toute la précision possible.

Au moyen de ce voltmètre, il s'agit maintenant de déterminer les coefficients d'étalonnage A, B et C. Il est également souhaitable de vérifier l'exactitude de la variation sinusoïdale de chaque transformateur, et enfin la valeur relative des graduations de l'ampèremètre M de la cage « émetteur ».

Voici la marche des opérations : Tout d'abord, la dérivation allant à l'affaiblisseur est calculée de telle manière que, pour l'intensité normale dans l'émetteur, la tension à la sortie du premier transformateur soit de l'ordre du volt. On peut donc la mesurer directement au voltmètre amplificateur, ce qui donne le coefficient A. En outre, diminuant l'intensité de l'émetteur ou l'angle lu au transformateur sinusoïdal, on vérifie la graduation du premier et la loi de variation du second. (On peut opérer de même en prenant séparément chacun des transformateurs.)

Pour achever l'étalonnage, il suffit maintenant de déterminer les rapports de B et de C au coefficient A, désormais connu. Il ne s'agit plus que d'une comparaison relative, que l'on fait, en général, au thermo-couple, en mesurant les intensités primaire et secondaire du transformateur, ou bien en cherchant l'angle α_1 qui fournit,

avec un seul transformateur, la même force électromotrice que deux transformateurs au maximum ; alors :

$$B = A \sin \alpha_1.$$

De même pour passer à C

Avantages du dispositif. — 1° Bonne précision, même sur ondes courtes ; la construction de l'appareil, la présence de graduations précises et de verniers (1), la possibilité de faire la moyenne entre les lectures dans plusieurs quadrants (ce qui vérifie les « zéros » et décèle la moindre fuite), enfin la méthode d'étalonnage permettent de compter sur une précision absolue de l'ordre de 5 % ; on peut avoir beaucoup mieux dans des comparaisons relatives ;

2° Variations très étendues et continues de la fréquence et de la force électromotrice ; dans le modèle « radio-diffusion » de 1933 avec commutateur intérieur, on obtient, sans ouvrir la boîte, toutes les ondes comprises entre 200 et 3000 mètres ; la force électromotrice varie d'une manière continue (2) depuis 1 volt environ jusqu'à moins d'un microvolt, ce qui permet aussi bien l'étude des brouillages puissants que celle des récepteurs très sensibles à la limite d'audibilité ;

3° Les filtres permettent d'alimenter de l'extérieur, soit avec des batteries de type courant, soit *par le secteur* ; la manipulation peut aussi se faire de l'extérieur ;

4° L'impédance de sortie de l'affaiblisseur est une petite bobine, qui peut s'intercaler dans tout collecteur d'ondes ou circuit sans le modifier sensiblement ; cette impédance est *absolument constante* quelle que soit la force électromotrice fournie (ce qui n'est réalisé avec aucun affaiblisseur potentiométrique) ; enfin elle n'a aucun

---

1. On pourrait renoncer à la graduation en angles (que des tables permettent pourtant de convertir facilement) et graduer directement en décibels, par exemple ; mais la précision serait diminuée.

2. La force électromotrice fournie sur une gamme est sensiblement proportionnelle à la fréquence, ce qui est un avantage pour les mesures de rayonnement sur cadre (la hauteur effective du cadre varie, en effet, suivant la même loi, de sorte que l'étalonnage ne dépend plus de la fréquence). Toutefois c'est un inconvénient dans les mesures de récepteurs, et nous étudions pour cet usage un modèle directement gradué en force électromotrices.

point à la masse, ce qui permet de placer deux générateurs en série pour les essais de brouillage ;

5° L'ensemble est robuste et de fonctionnement très sûr ; tous les organes sont faciles à visiter et à remplacer en cas de besoin.

Nous ne connaissons aucun autre dispositif qui réunisse tous ces avantages.

II

MESURES SUR LES RÉCEPTEURS OU ÉLÉMENTS DE RÉCEPTEURS [1].

A. Buts.

Pour déterminer la valeur d'un récepteur, toute une série de mesures peuvent être faites :

1° On peut mesurer la *sensibilité* aux différents points d'une gamme et pour différents types d'émission (entretenue, modulée,...), c'est-à-dire rechercher quelle est la force électromotrice minimum qu'il faut appliquer à l'entrée pour obtenir à la sortie l'effet désiré.

Ces essais peuvent être faits soit avec un amplificateur seul, soit avec un récepteur sur cadre pourvu de son collecteur d'ondes, soit enfin avec un récepteur sur antenne pourvu d'une « fausse antenne».

On peut employer des modulations à diverses fréquences et diverses profondeurs.

Après avoir recherché la sensibilité globale, on peut se proposer d'en analyser les facteurs ; c'est-à-dire que l'on refait la mesure après avoir, par exemple, supprimé un étage d'amplification ; le rapport des forces électromotrices nécessaires donne alors l'*amplification effective de l'étage* ; ou bien on supprime la réaction ; ou bien on change une lampe, un transformateur, etc...

Lorsqu'un récepteur possède un organe de réglage permettant d'ajuster sa sensibilité on peut aussi déterminer les limites de son action : par exemple, mesurer l'efficacité d'un *régulateur automatique anti-fading*.

2° Une autre série de mesures est celle qui est relative à la

1. Note présentée par P. David, ingénieur en chef.

sélectivité, c'est-à-dire l'aptitude du récepteur à éliminer les brouilleurs dont la fréquence est voisine de celle du signal.

Comme ci-dessus, on peut la mesurer globalement pour le récepteur complet avec ou sans collecteur d'ondes, ou, au contraire, pour une fraction seulement : système sélectif pré-sélecteur, étage accordé en haute ou moyenne fréquence ; on peut déterminer l'effet d'un dispositif spécial tel qu'un « bouchon » ; on peut tracer la courbe complète d'un filtre.

3° Une variante consiste à étudier le *brouillage* produit sur un signal donné et maintenu fixe, par une émission brouilleuse de puissance croissante sur une fréquence voisine.

On étudiera ainsi la saturation possible des premiers étages, ou la « démodulation » dans le détecteur.

4° Il est également utile de déterminer la *fidélité* du récepteur et la *distorsion* qu'il impose au signal reçu.

A cet effet, on lui appliquera une force électromotrice connue, modulée à un taux connu, mais à fréquences audibles variables, et l'on mesurera le courant fourni à la sortie en fonction de cette fréquence. Sa régularité caractérise la *fidélité uniforme en fonction de la fréquence.*

On peut aussi rechercher les harmoniques produits dans le courant de sortie et qui n'existaient pas dans la modulation ; c'est la *distorsion non-linéaire.* On décèle ainsi les seuils et saturations, le bon fonctionnement du détecteur et des étages de puissance, la qualité des transformateurs à basse fréquence.

Enfin on peut évaluer globalement la fidélité, comme la netteté en téléphonie sur fils, en appliquant une modulation téléphonique et en cherchant la proportion de syllabes isolées (logatomes) correctement transmises.

5° Le récepteur étant réglé à une sensibilité connue, si l'on supprime le signal, on peut déterminer dans le courant de sortie les composantes de *bruit de fond* ou de *ronflement de secteur.*

6° Enfin l'efficacité d'un *collecteur d'ondes* (par exemple, un cadre toroïdal protégé dont le nombre de tours est inconnu) est déterminée par une mesure de champ, en comparant avec un autre cadre connu.

B. Moyens et dispositifs employés.

Généralités. — La plupart des mesures se faisant par l'introduction, à l'entrée du récepteur, de forces électromotrices connues, l'organe essentiel est, ici encore, le *générateur étalonné* décrit dans la note précédente [1], et comprenant un petit émetteur blindé (alimenté de l'extérieur à travers des filtres), un affaiblisseur et, s'il y a lieu, un *modulateur* permettant de moduler l'émission locale à des fréquences et taux connus.

Le matériel normal permet de travailler dans les conditions suivantes :

Ondes porteuses : de 12 à 18.000 mètres (16 à 25.000 k*C*/s) ;

Forces électromotrices appliquées : de 1 volt (environ) à 1 dixième de microvolt (environ) ;

Modulation : taux de 30 %, 100 %, alternatif brut ; fréquences : 25, 33, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 p/s ; ou modulation téléphonique pour essais de netteté.

D'autres valeurs pourraient être réalisées en cas de nécessité.

Lorsque le récepteur doit fonctionner sur antenne, il est d'usage de remplacer celle-ci par une *antenne fictive* dont voici les caractéristiques :

Tableau des antennes fictives.

TYPE	INDUCTANCE (microhenrys).	CAPACITÉ (millièmes de microfarad).	RÉSISTANCE (ohms).
Petite antenne d'intérieur ; antenne fixe d'avion.	10	0,2	2
Grande antenne ; antenne pendante d'avion.	100	0,35	10
Antenne standard américaine.	20	0,2	20

1. P. 574.

Enfin, il faut définir le signal désiré à la sortie du récepteur. Pour cela, deux éléments :

l'*impédance d'utilisation* ;

la *puissance alternative* utile dans cette impédance.

Connaissant l'impédance, on se contente, pour avoir la puissance, de mesurer l'intensité ou la tension aux bornes ; on emploie généralement pour cela les appareils pour courant continu, associés avec des redresseurs à oxyde de cuivre.

TABLEAU DES « SIGNAUX DÉSIRÉS A LA SORTIE ».

SERVICE ASSURÉ.	IMPÉDANCE d'utilisation.	PUISSANCE utile.
Télégraphie enregistrée.	à préciser.	à préciser.
	Faute d'autre indication :	
	2.000Ω	20mW
Télégraphie, lue au son.	Casque 2 × 2.000Ω (continu) (en alternatif 800 p/s, environ 10.000Ω).	a) limite d'audibilité ; b) faible : 10 microwatts ; c) confortable : 100 microwatts.
Réception en avion. (télégraphie ou téléphonie).	*id.*	1mW
Téléphonie en haut-parleur.	Haut-parleur désigné, ou son équivalent.	50mW

Dans le cas particulier où l'on essaye seulement un amplificateur à haute fréquence, un étage accordé, un système sélectif ou un filtre, le niveau à la sortie est indéterminé ; généralement, on place à la sortie une lampe détectrice et l'on utilise une variation aisément lisible dans son courant *continu* de plaque.

Le Laboratoire national de radio-électricité dispose de plu-

sieurs cabines, blindées en treillage de cuivre, pour se protéger contre les brouillages extérieurs, et dans lesquelles sont montés en permanence les générateurs étalonnés, modulateurs, les sources de courant nécessaires et les appareils de mesure. Les récepteurs

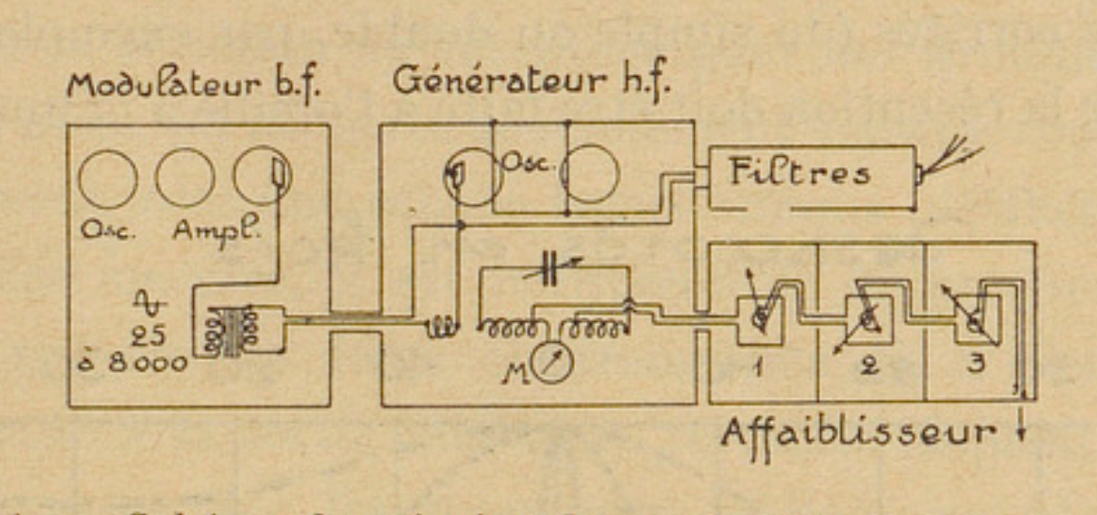


Fig. 11. — Schéma de principe du générateur étalonné L N R 1932.

peuvent donc être essayés, avec leurs cadres s'il y a lieu, très rapidement. (L'installation est représentée par les fig. 10 à 12).

Les postes alimentés sur secteur sont essayés par l'intermédiaire d'un transformateur antiparasite spécial.

Essais de sensibilité. — La méthode d'essai résulte directement de la définition même :

On accorde d'une part le générateur étalonné et d'autre part le récepteur en étude, sur la fréquence prescrite. Puis on ajuste la force électromotrice fournie, E_0, à l'aide de l'affaiblisseur, pour obtenir exactement le signal désiré à la sortie. La force électro motrice E_0, connue par l'étalonnage du générateur, caractérise la sensibilité du récepteur sur cette fréquence.

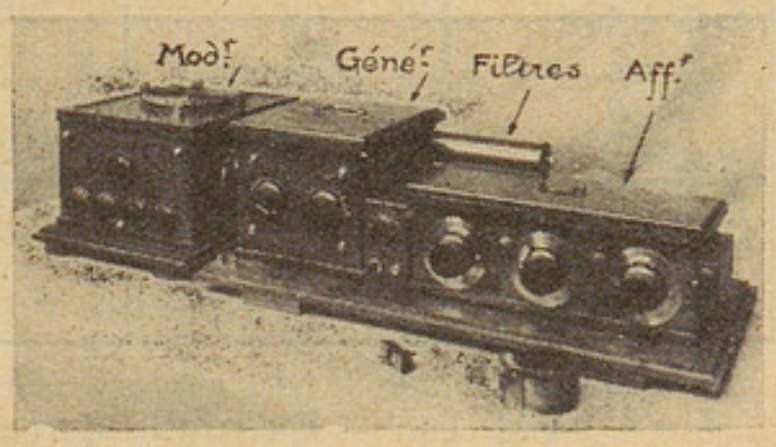


Fig. 12. — Générateur étalonné (modèle de 1932) et son modulateur.

La mesure est refaite sur d'autres fréquences, s'il y a lieu, en accordant chaque fois le générateur et le récepteur très soigneusement. En général, elle se fait en ondes modulées (taux : 30 %; fréquence : 400 p : s).

Si le récepteur comporte une réaction, il peut arriver que la sensibilité dépende beaucoup de réglage de celle-ci ; la mesure est alors forcément peu précise. On s'efforcera d'effectuer toujours

le réglage de la même manière ; on vérifiera n'être pas tellement près de l'accrochage que celui-ci se produise en coupant et remettant le signal. Enfin, la sensibilité ainsi mesurée étant toujours supérieure à celle qu'on atteint dans la pratique, les résultats devront être corrigés (du simple au double, par exemple).

Lorsque la réception doit être faite à l'oreille à la limite d'audi-

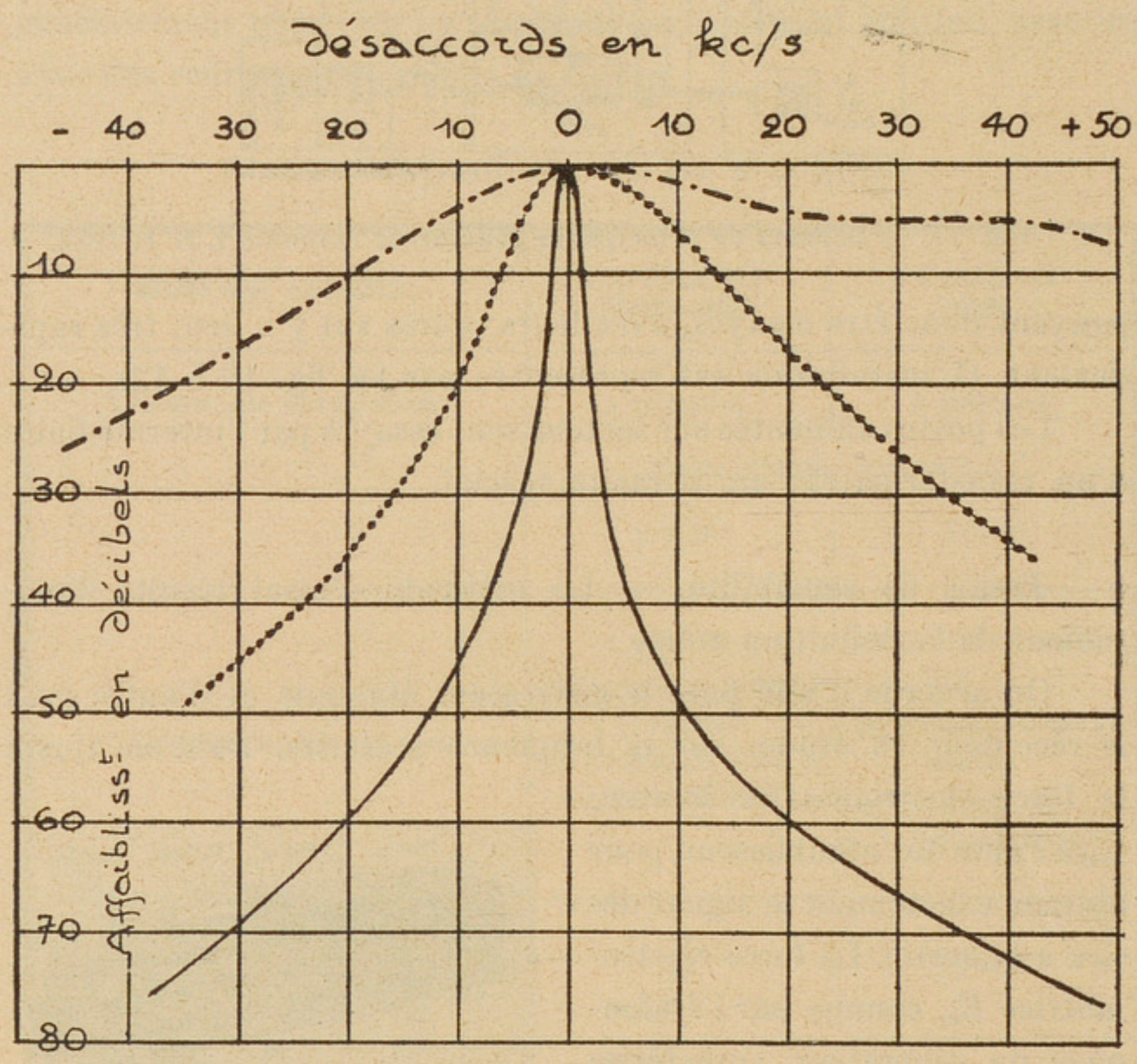


Fig. 13. — Exemples de courbes de sélectivité relevées.

bilité, on peut manipuler le signal local fourni par le générateur étalonné, soit à la main, soit avec un manipulateur automatique.

Essais de sélectivité. — On commence par l'essai de sensibilité comme ci-dessus ; puis, sans toucher au récepteur, on dérègle l'émetteur d'un certain désaccord Δf_1 et l'on ajuste la force électromotrice à la nouvelle valeur E_1 nécessaire pour obtenir le signal repère à la sortie.

On recommence avec d'autres désaccords croissants, Δf_2, Δf_3, etc..., en mesurant de nouvelles forces électromotrices, E_2, E_3, etc...

Les rapports de E_1, E_2,... à E_0 indiquent l'affaiblissement apporté par la sélection du récepteur pour des brouilleurs écartés de Δf_1, Δf_2, etc... On les porte généralement sur une courbe (fig. 13) en les évaluant avec une échelle logarithmique (décibels) (1).

Dans ces mesures, il est indispensable de préciser le niveau adopté, c'est-à-dire la force électromotrice E_0 à l'entrée et la puissance utile à la sortie. Sinon les résultats risquent d'être mal interprétés, parce que les récepteurs ne sont pas des systèmes linéaires, pour les raisons qui vont être expliquées au paragraphe suivant.

Un raffinement consiste à ne pas employer, dans l'essai de sélectivité, le même signal-repère que dans celui de sensibilité, et qui représente le signal *désiré* ; on prendra, au contraire, le maximum toléré pour un brouillage, et qui est généralement plus faible (pour la téléphonie, puissance 100 fois moindre, soit 20 décibels en dessous).

Essais de brouillage. — Comme il a été remarqué au paragraphe précédent, la mesure de sélectivité caractérise le récepteur dans la mesure où celui-ci est un système *linéaire*. S'il ne l'est pas, la superposition du brouilleur au signal peut donner lieu à des phénomènes complexes, sur lesquels la mesure précédente ne donne aucune information. D'abord, l'audibilité du brouilleur peut être différente en présence du signal, ou en son absence, par suite de la « démodulation » dans le détecteur. D'autre part, la sélection ne se fait généralement pas dans un système unique linéaire *avant* toute amplification ; au contraire, en général, certaines lampes amplificatrices sont intercalées parmi les circuits sélectifs (cas de plusieurs étages accordés, ou de sélection après changement de

---

1. L'affaiblissement en bels est le logarithme décimal du rapport des puissances, donc de $(E_n/E_0)^2$; par suite, évalué en décibels (dixièmes de bel), c'est 20 fois le logarithme du rapport E_n/E_0. Par exemple :

Rapports :	1	2	3	10	20	30	100	1000	10.000
Décibels :	0	6	10	20	26	30	40	60	80

fréquence). Il peut alors arriver ceci : un brouilleur puissant n'est guère affaibli par la sélection partielle qui précède la première lampe, et arrive sur celle-ci avec une amplitude suffisante pour la *saturer* ; comme il n'en est que plus inaudible, la mesure de sélectivité semblera très satisfaisante (on pourra même mesurer un affaiblissement aussi grand qu'on le voudra, puisqu'à partir de ce moment on peut augmenter le brouilleur sans produire aucun effet) ; mais cette apparente sélectivité ne sera qu'un trompe-l'œil, car elle correspond à la *disparition du signal désiré* en même temps que du brouilleur. On dit qu'il y a *brouillage négatif* ou *étouffement du signal.*

Pour compléter les essais de sélectivité, on sera donc conduit, dans certains récepteurs, à des *mesures de brouillage*, en superposant, comme dans la réalité, deux forces électromotrices distinctes, provenant de deux générateurs étalonnés différents : l'un A simulant le signal ; l'autre A', le brouilleur,

Deux méthodes sont possibles :

a) Recherche de la démodulation : laissant au signal A, entretenu, la fréquence et l'amplitude fixes correspondant au signal normal, superposer le brouilleur A' modulé et chercher l'amplitude qu'il faut lui donner en fonction de la fréquence pour obtenir à la sortie le maximum tolérable pour un brouilleur ;

b) Recherche du brouillage négatif : laisser au signal A, modulé, l'amplitude et la fréquence correspondant à la réception normale ; lui superposer le brouilleur A' (entretenu ou modulé à une fréquence différente) et chercher l'amplitude qu'il faut lui donner en fonction de la fréquence, pour affaiblir le signal dans une proportion donnée.

Essais de fidélité. — La méthode résulte immédiatement de la définition adoptée :

Le générateur étalonné étant ajusté, comme pour l'essai de sensibilité, avec une modulation de 30 % sur la fréquence 400, on modifie ensuite la fréquence de modulation en conservant le taux, et l'on note les variation du courant utile à la sortie.

Pour rechercher la distorsion non-linéaire, on analyse le courant

de sortie en isolant successivement les composantes ayant la fréquence f de modulation, puis les harmoniques $2f$, $3f$, etc...

Il peut également être effectué des essais de fidélité sur un système à haute fréquence seul : on procède comme pour la sélectivité, mais avec des désaccords de 1000, de 2000..., de 10.000 p/s seulement.

Enfin le modulateur permet de moduler l'émission locale en *téléphonie* ; on peut donc faire des essais de netteté et déterminer le coefficient d'articulation suivant les méthodes usitées en téléphonie sur fil (syllabes isolées ou « logatomes »).

Essais de bruit de fond ou de secteur ; essais de collecteurs d'ondes. — Ils résultent de leur définition et du cas particulier envisagé.

(*A suivre.*)

Etude sur le

RÉAMÉNAGEMENT D'UN RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE AÉRO-SOUTERRAIN

dans une zone à moyenne densité d'abonnés,

par DAUVIN, ingénieur en chef, et DURANT, inspecteur
des Postes et Télégraphes.

Dans une zone à forte densité d'abonnés, le système appelé *distribution directe* s'impose incontestablement. Il est intéressant de rechercher à partir de quelle valeur de la densité d'abonnés ce système doit être utilisé à la place de la distribution aéro-souterraine.

L'étude a pour base la comparaison du système de distribution directe avec un réseau aéro-souterrain constitué par des points de concentration à 14 paires.

Il est bien évident que notre étude générale ne peut tenir compte des cas particuliers qui se rencontrent en réalité dans les réseaux, cas d'espèces qui peuvent amener à choisir une solution différente de celle qui résulte de l'exposé suivant. Il y a, en particulier, bien des cas où, dans un même quartier, la distribution directe et la distribution aéro-souterraine devront coexister.

Principes généraux. — Appelons L la distance sur laquelle sont répartis un groupe d'abonnés qui, sans l'adduction directe, serait relié à un même point de concentration à 14 paires ; un réseau comportant, à l'achèvement des travaux d'aménagement, une disponibilité de 100 %, nous voyons que nous avons à prévoir le reliement de 7 abonnés.

Nous supposerons ces 7 abonnés uniformément répartis

sur la distance L ; nous chercherons les différents prix P que coûtent chaque système de distribution. Nous en déduisons par comparaison la distance L à partir de laquelle l'adduction directe doit être utilisée et, en appelant d la densité d'abonnés, c'est-à-dire le nombre d'abonnés par 100 mètres, la valeur de d correspondante $\left(d = 7 . \frac{100}{L}\right)$.

Comme, dans la réalité, il faut tenir également compte des dépenses à faire pour le reliement des nouveaux abonnés et des frais causés par la relève des dérangements, nous rechercherons les frais annuels totaux A occasionnés par le réseau, en considérant d'une part l'annuité d'amortissement pour les travaux de construction du réseau et de reliement d'abonnés et d'autre part les frais d'exploitation pour ce qui a trait à la relève des dérangements et à l'entretien.

Nota. — Il n'a pas paru intéressant de comparer le système d'adduction directe avec un réseau aéro-souterrain constitué par des points de concentration à 28 paires : ou bien, en effet, le point de concentration est placé au milieu de l'artère à desservir et constitue en réalité deux appuis de concentration à 14 paires accolés et l'on retombe dans le cas précédent, ou bien il est placé en tête de ligne et cette situation n'est pas réalisable dans le centre des agglomérations, ce qui est justement le cas que nous étudions.

I. Comparaison du système de distribution directe avec un réseau aéro-souterrain constitué par des points de concentration à 14 paires. — Nous ne ferons pas entrer en ligne de compte certaines opérations qui se retrouvent identiquement dans les divers modes de construction : division des câbles à 28 paires en câbles à 14 paires, division des câbles à 14 paires en câbles à 7 paires, essais des câbles et des lignes.

Les trois solutions que nous allons comparer entre elles sont les suivantes :

1° Distribution par boîtes à 7 paires placées à l'extérieur des immeubles avec cheminement en façade des câbles à 7 paires.

— Voir le schéma et la détermination des frais de premier établissement à l'Appendice I :

$$P_1 = (665 + 7{,}30\ L) \text{ francs,}$$

avec L en mètres.

2° Distribution par boîtes à 7 paires avec cheminement souterrain de câbles à 7 paires. — Ce procédé sera utilisé lorsque les façades ne sont pas contiguës, ou lorsqu'il faut traverser la chaussée.

L'Appendice II donne :

$$P_2 = (665 + 29{,}20 . L) \text{ francs.}$$

3° Distribution par fils nus à partir d'un point de concentration à 14 paires. — L'Appendice III donne :

$$P_3 = (1575 + 1{,}50 . L) \text{ francs.}$$

A. *Densité d'abonnés pour laquelle la 1re solution est la plus économique.* — Ecrivons :

$$P_1 < P_3.$$

Cela donne :

$$L < 157 \text{ mètres,}$$

ou :

$$d > 7 . \frac{100}{157} > 4{,}5.$$

Conclusion : Si la distribution des câbles à 7 paires peut être faite en façade, et si la pose des câbles à une paire en façade (sur des longueurs déjà importantes) ne présente pas de difficultés spéciales, le coût d'un réseau à adduction directe est plus économique que celui d'un réseau aéro-souterrain à points de concentration à 14 paires quand la densité des abonnés est supérieure à 5 par 100 mètres.

B. *Densité d'abonnés pour laquelle la 2e solution est la plus économique.* — Ecrivons :

$$P_2 < P_3.$$

Cela donne :

$$L < 32^{m},8.$$

ou :

$$d > 7 . \frac{100}{32{,}8} > 21{,}3.$$

Conclusion : Si la distribution des câbles à 7 paires doit être faite en souterrain, le coût d'un réseau à adduction directe est

plus économique que celui d'un réseau aéro-souterrain avec points de concentration à 14 paires quand la densité des abonnés est supérieure à 22 par 100 mètres.

II. Comparaison des trois procédés de distribution d'abonnés, compte tenu de la charge du capital, de l'annuité d'amortissement et des dépenses d'extension et d'entretien. — Nous allons maintenant comparer les sommes A annuelles, qui, dans chaque cas, comprendront :

l'annuité d'intérêt et d'amortissement pour les travaux de premier établissement ;

l'annuité d'intérêt et d'amortissement pour les travaux de premier établissement pour trois nouvelles lignes d'abonnés.

Nous nous serons ainsi placés dans le cas moyen entre la période de la pose (7 abonnés) et la saturation (14 abonnés).

Les calculs de A_1, A_2 et A_3 sont donnés dans les Appendices I, II et III. On trouve :

$$A_1 = (110 + 0{,}8 \,.\, L) \text{ francs,}$$
$$A_2 = (110 + 3 \quad L) \text{ francs,}$$
$$A_3 = (275 + 0{,}20.L) \text{ francs.}$$

1° *Première solution.* — Ecrivons :

$$A_1 < A_3.$$

Cela donne :

$$L < 275 \text{ mètres,}$$

ou :

$$d > 7 \,.\, \frac{100}{275} > 2{,}5.$$

Conclusion : Dans le cas où la fixation des câbles à 7 paires en façade est possible, le procédé de la distribution directe sera plus économique que la distribution aérienne par points de concentration à 14 paires à partir d'une densité actuelle d'abonnés égale à 3 par 100 mètres.

2° *Deuxième solution.* — Ecrivons :

$$A_2 < A_3.$$

Cela donne ;

$$L < 85 \text{ mètres,}$$

ou :

$$d > 7 \,.\, \frac{100}{85} > 8{,}2.$$

Conclusion : Dans le cas du cheminement souterrain des câbles à 7 paires, le procédé de la distribution directe sera plus économique que la distribution par fils aériens à partir d'une densité actuelle d'abonnés égale à 9 par 100 mètres.

III. Conclusion générale : Règles pratiques pour l'étude du réaménagement d'un réseau. — 1° *La densité en abonnés est supérieure à 10 par 100 mètres.* — Il n'y a lieu d'employer que la distribution directe. Celle-ci devra être réalisée autant que possible, par raison d'économies, en faisant cheminer sur les façades les câbles à 7 paires.

2° *La densité en abonnés est comprise entre 3 et 10 par 100 mètres.* — Il y aura lieu d'examiner si les câbles à 7 paires peuvent cheminer en façades : si oui, la distribution directe doit être seule utilisée ; sinon, il y aura lieu d'examiner chaque cas en particulier pour faire choix entre les deux systèmes.

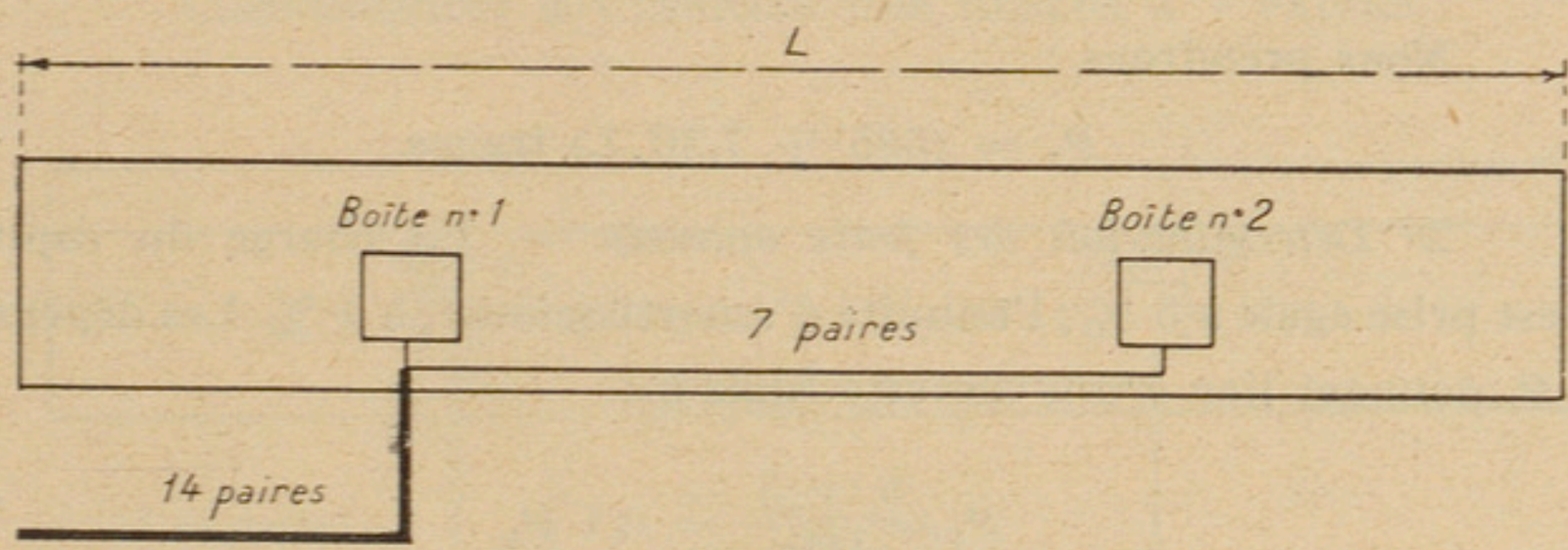
3° *La densité en abonnés est inférieure à 3 par 100 mètres.* — Sauf cas spéciaux, la distribution aérienne à partir des points de concentration doit être conservée.

Remarque. — Il importe de remarquer que, dans cette étude, l'évaluation des frais que comporte la distribution en aérien ne tient pas compte des dépenses supplémentaires dues à la présence d'artères à basse tension (frais de modification, de rehaussement, de protection de branchements ou de lignes primaires), de haubans transversaux supportant les fils de trolley (frais de déplacement de rosaces de scellement, pose de dispositifs de retenue, de boules isolantes, etc...).

En somme, dans bien des cas, compte tenu de ces frais supplémentaires, la distribution directe est à conseiller, même pour une densité d'abonnés inférieure à celle que nous avons déterminée ci-dessus.

APPENDICE I.

Distribution en cable par boites a 7 paires.
Cheminement en façade des cables a 7 paires.



1° *Détermination du coût* P_1 *des travaux.*

a) Service souterrain :

Valeur du câble à 7 paires (y compris les accessoires) :

$$6{,}70 . \frac{L}{2} = 3{,}35 . L \text{ francs,}$$

Main d'œuvre (câbles à 7 paires) :

$$7 \times \frac{1}{5} \times \frac{L}{2} = 0{,}70 . L \text{ francs,}$$

Boîtes de distribution directe :

$$\left.\begin{array}{l} \text{Valeur des boîtes : } 185 \times 2 = 370 \\ \text{Main-d'œuvre : } 7 \times L \times 4 = \ \ 56 \end{array}\right\} 426 \text{ francs,}$$

Total pour le service souterrain : $(426 + 4{,}05 . L)$ francs.

b) Service aérien :

Longueur moyenne d'un câble à une paire : $6 + \frac{L}{8}$ mètres,

Valeur du câble : $2{,}56 \left(6 + \frac{L}{8}\right) = (15 + 0{,}312 . L)$ francs,

Main-d'œuvre (2 heures pour l'introduction dans l'immeuble et 1/5 d'heure par mètre de câble déroulé et fixé) :

$$6 + \left(2 + \frac{1}{5}\left(6 + \frac{L}{8}\right)\right) = (19{,}2 + 0{,}15)\, L \text{ francs,}$$

Soit, pour 1 abonné : $(34{,}2 + 0{,}462 . L)$ francs,

et pour 7 abonnés : $(239{,}4 + 3{,}234 . L)$ francs.

c) Total :

Service souterrain :	(426 + 4,05 . L) francs,
Service aérien :	(239,4 + 3,234 . L) francs ;
Valeur de P_1 :	(665,40 + 7,284 . L) francs.

Nous prendrons :

$$P_1 = (665 + 7{,}30 . L) \text{ francs.}$$

2° *Détermination des frais annuels.* — La charge du capital est prise égale à 5 % ; l'annuité d'amortissement, à 5 %. Les dépenses P_1 donnent lieu à une annuité égale à :

$$P_1 . \frac{5 + 5}{100} = 0{,}1\ P_1.$$

La construction d'une nouvelle ligne d'abonné revient plus chère que lors de l'établissement du réseau, le déplacement de l'équipe étant effectué pour 1 abonné au lieu de 7.

La valeur du câble est toujours égale à 15 + 0,312 . L francs.

La valeur de la main-d'œuvre comprend : 4 heures pour le déplacement et la conduite sur place des échelles et du matériel, 2 heures pour l'introduction dans l'immeuble et 1/5 d'heure par mètre de câble déroulé et fixé, soit au total, pour une ligne :

$$6\left(6 + \frac{1}{5}\left(6 + \frac{L}{8}\right)\right) = 43{,}2 + 0{,}15\ L \text{ francs,}$$

et pour 3 lignes : $129{,}6 + 0{,}45\ L$ francs.

L'annuité d'intérêt et d'amortissement sera égale à 10 % de cette somme, soit :

$$21{,}3 + 0{,}045\ L \text{ francs.}$$

Le nombre de dérangements est très faible : en moyenne, 0,1 par ligne et par an. Le prix de revient moyen de la relève du dérangement est de 30 francs. Pour 10 lignes, les frais annuels à prévoir sont de :

$$0{,}1 \times 10 \times 30 = 30 \text{ francs.}$$

En totalisant ces trois éléments, on obtient :

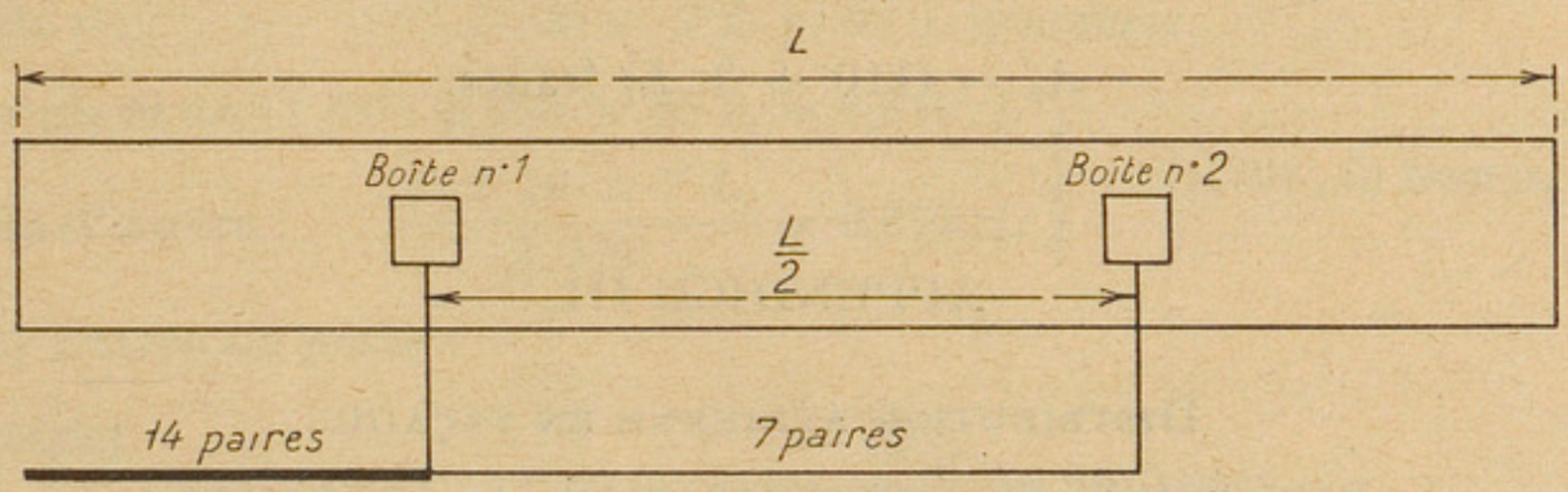
$$A_1 = (66{,}5 + 0{,}73 . L) + (12{,}3 + 0{,}045 . L) + 30 = (108{,}8 + 0{,}775 . L$$

Nous prendrons :

$$A_1 = (110 + 0{,}8 . L) \text{ francs.}$$

APPENDICE II.

Distribution en cable par boite a 7 paires.
Cheminement souterrain des cables a 7 paires.



1° *Détermination du coût des travaux.* — Dans ce cas, une tranchée supplémentaire, de longueur $\frac{L}{2}$ mètres, sera nécessaire et sa valeur entrera en ligne de compte dans l'évaluation.

Le coût du mètre linéaire, comprenant tranchée, câble, protection du câble, déroulement du câble, réfection du trottoir, etc..., est de 52 francs.

Les dépenses sont les suivantes :

a) Service souterrain :

Câble à 7 paires, tranchée et main d'œuvre : $52 . \frac{L}{2} = 26\ L$ francs ;

Boîtes d'adduction directe (voir Appendice I) 426 francs ;

Total pour le service souterrain : $(426 + 26\ L)$ francs.

b) Service aérien :

Comme dans le cas précédent (Appendice I), soit :

$$239{,}4 + 3{,}234 . L) \text{ francs.}$$

c) Total :

Service souterrain : $(426 + 26\ L)$ francs,

Service aérien : $(239{,}4 + 3{,}234 . L)$ francs ;

Valeur de $P_2 = (665{,}4 + 29{,}234 . L)$ francs.

Nous prendrons :

$$P_2 = (665 + 29{,}20 . L) \text{ francs.}$$

2° *Détermination des frais annuels* A_2. — Le raisonnement est

exactement le même que dans le cas précédent (Appendice I) ; on obtient :

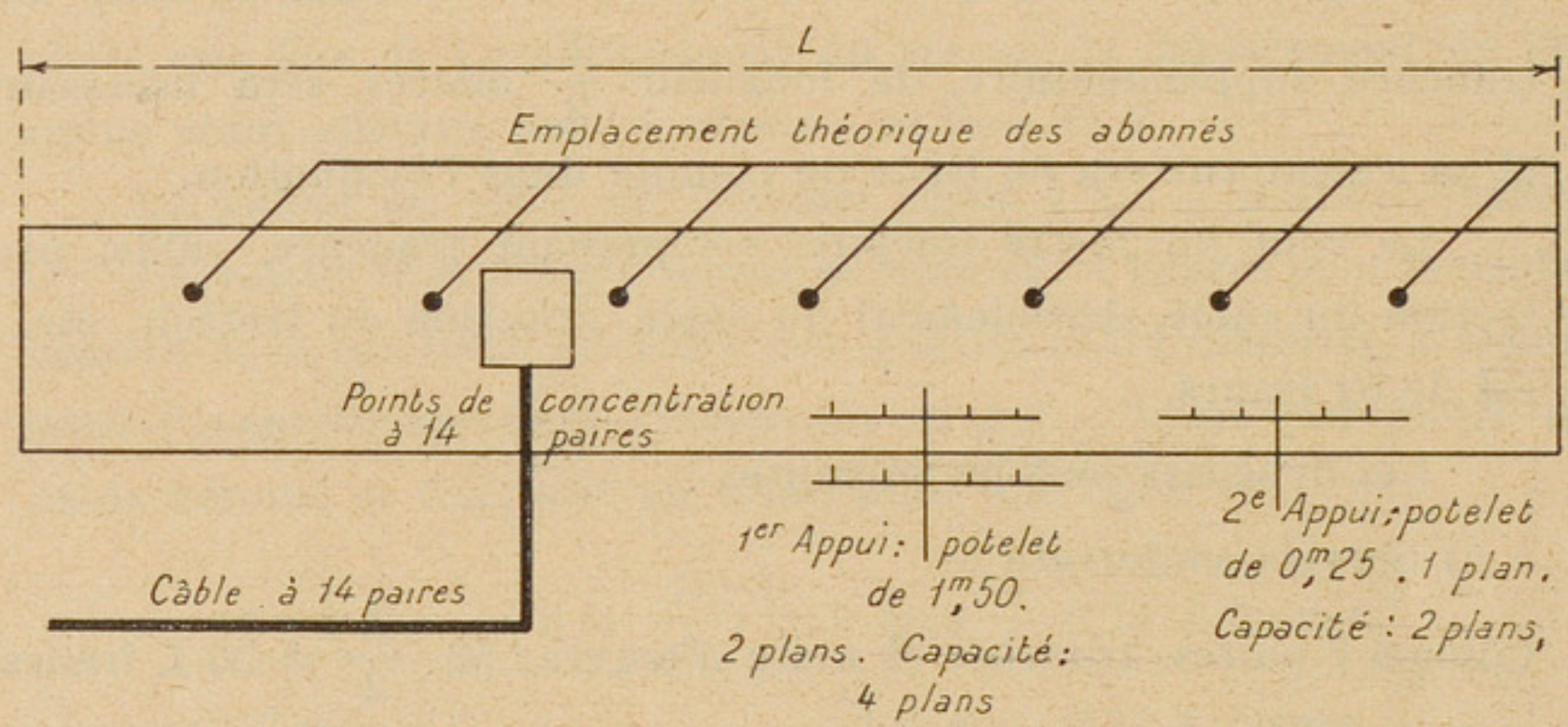
$$A_2 = (656, + 2{,}92.L) + (12{,}3 + 0{,}045.L) + 30 =$$
$$= (108{,}8 + 2{,}965.L) \text{ francs.}$$

Nous prendrons :

$$A_2 = (110 + 3.\ L) \text{ francs.}$$

APPENDICE III.

Distribution aérienne en façade par point de concentration a 14 paires.



1° *Détermination du coût P_3 des travaux.* — Si nous supposons L de l'ordre de 100 mètres, nous aurons d'abord un appui tête de ligne (point de concentration), un appui intermédiaire (potelet de $1^m,50$, armé à 3 plans), un appui extrême (potelet de 25^{cm}).

a) Point de concentration à 14 paires :

Valeur du matériel (y compris 75 /2) :	454	= 698 francs.
Achats (boîte Audibert et ferrures) :	100	
Main-d'œuvre : 24 heures à 6 francs :	144	

b) 1er appui intermédiaire :

Matériel	150	= 222 francs.
Main-d'œuvre : 12 heures à 6 francs	72	

c) 2e appui :

Matériel 66,5
Main-d'œuvre : 5 heures à 6 francs 30 } = 96f,50.

d) Fils :

Longueur du fil : $7 \times 2 \times \frac{L}{2} = 7\,L$ mètres.

Poids : $9 \times 7\,L = 63\,L$ grammes.

Prix du fil de 11/10 : $0{,}013 \times 63\,L = 0{,}819\,.L$
Main-d'œuvre : $\frac{6 \times 16 \times 7\,L}{1.000} = 0{,}672\,.L$ } $= (1{,}491\,.L)$ francs.

e) Entrée de poste :

Matériel = 32
Main-d'œuvre : 8 heures à 6 frances = 48 } = 80 francs
pour 7 abonnés : 80 × 7 = 560 francs.

f) Total :

point de concentration :	698 francs,
1er appui intermédiaire :	222 francs,
2e appui :	96f,50,
entrées de poste :	560 francs.
fils :	(1,491 .L) francs.

$$P_3 = (1{,}576{,}50 + 1{,}491\,.L) \text{ francs.}$$

Nous prendrons :

$$P_3 = (1.575 + 1{,}50\,.L) \text{ francs.}$$

2° *Détermination des frais annuels* A_3. — Les dépenses P_3 donnent lieu à une annuité égale à $0{,}1.P_3$.

La construction d'une nouvelle ligne d'abonné comprend l'armement complémentaire des appuis existants, la pose du fil, le montage de l'entrée de poste et l'essai de la ligne.

Déplacement de l'équipe pour l'amenée du matériel :

3 agents pendant 2 heures, soit 6 heures à 6 francs = 36 francs,
Pose des fils (matériel et main d'œuvre) : (0,213. L) francs,
Appuis intermédiaires (matériel et main-d'œuvre) 14 francs,
Point de concentration (main-d'œuvre) : 6 francs,

Entrée de poste (matériel et main-d'œuvre) : 80 francs ;
soit au total, pour une ligne : $(136 + 0{,}213 . L)$ francs,
et pour trois lignes : $(408 + 0{,}639 . L)$ francs.

L'annuité d'intérêt et d'amortissement sera égale à 10 % de cette somme, soit : $(40{,}8 + 0{,}064 . L)$ francs.

Le nombre de dérangements peut être évalué à 0,5 par ligne et par an. Le prix de revient moyen de la relève du dérangement est de 15 francs. Pour 10 lignes, les frais annuels à prévoir sont de :

$$0{,}5 \times 10 \times 15 = 75 \text{ francs.}$$

En totalisant ces trois éléments, on obtient :

$$(157{,}5 + 0{,}15 . L) + (40{,}8 + 0{,}064 . L) + 75 = (273{,}3 + 0{,}124 . L)$$

Nous prendrons :

$$A_3 = (275 + 0{,}20 . L) \text{ francs.}$$

L'AIGUILLAGE AUTOMATIQUE

en boulisterie pneumatique,

par G. PAULIN,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Le problème de la boulisterie entre postes. — Parmi les nombreuses solutions qu'a reçues le problème du transport de documents d'un endroit à un autre, l'une des plus employées est le tube pneumatique, particulièrement commode quand les postes sont en nombre assez grand et situés dans des salles où à des étages différents d'un immeuble. On place le document dans une cartouche cylindrique et l'on aspire cette cartouche dans un tube de métal reliant les postes à desservir ; on peut utiliser le tube à l'alternat, c'est-à-dire dans un sens ou dans l'autre, mais il faut avoir soin de placer à chaque bout un signal indiquant que le tube est libre ou occupé ; si le trafic l'exige, on place deux tubes fonctionnant chacun dans un sens.

Lorsque le nombre des postes desservis est assez grand, ce système devient compliqué et onéreux et demande beaucoup de place ; il faut, en effet, à chaque poste, autant de tubes doubles que de groupes de postes soit $(n-1)$ et un nombre total de tubes égal à 2 fois le nombre des combinaisons de n postes deux à deux, soit $2\,C^2_n = n\,(n-1)$. Pour simplifier l'installation, il existe deux systèmes : la gare centrale et l'intercommunication.

Le système à gare centrale. — Dans ce cas, tous les postes sont reliés (fig. 1), par un double tube à un poste spécial dit *gare centrale*, par où transitent tous les curseurs. Théoriquement, la gare centrale doit être placée au centre de gravité des différents postes si l'on cherche à réaliser la longueur totale minimum de

tubes ; si l'on cherche, au contraire, les conditions d'exploitation les plus économiques (dépense électrique minimum, usure minimum des curseurs, durée totale minimum de trajet), il faut affecter chaque poste d'un « poids » égal à son trafic. Pratiquement, on place la gare centrale, en tenant compte des locaux dont on dispose, autant que possible au centre des postes à desservir, en la rapprochant toutefois des postes à plus grand trafic. Dans ce système, il n'y a plus que deux postes par tube ; mais les curseurs subissent une manipulation supplémentaire à la gare centrale.

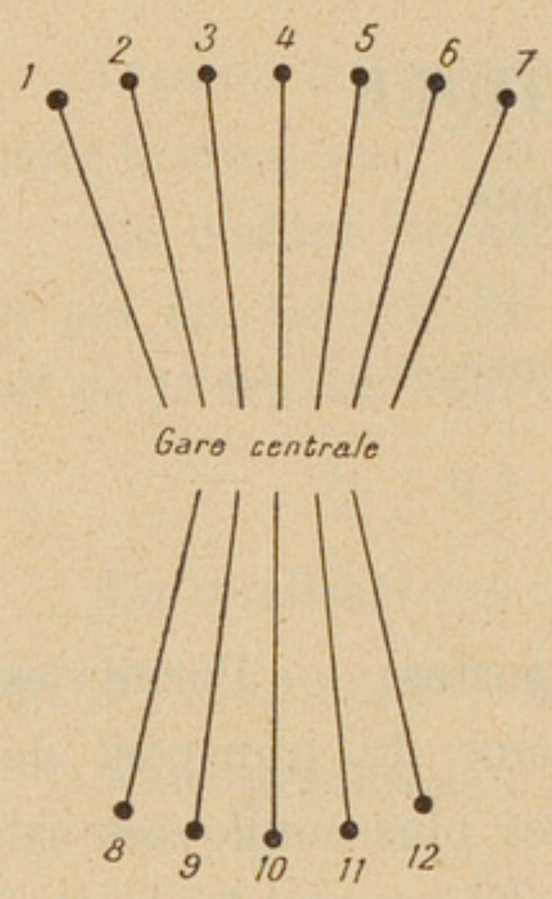


Fig. 1. — Le système à gare centrale.

Le système à intercommunication. — Lorsque le trafic n'est pas très intense et que le nombre de postes à desservir est assez grand, il y a intérêt à desservir plusieurs postes au moyen du même tube : c'est le *système à intercommunication* (fig. 2). Mais, dans ce cas, on ne dispose plus de la gare centrale pour diriger

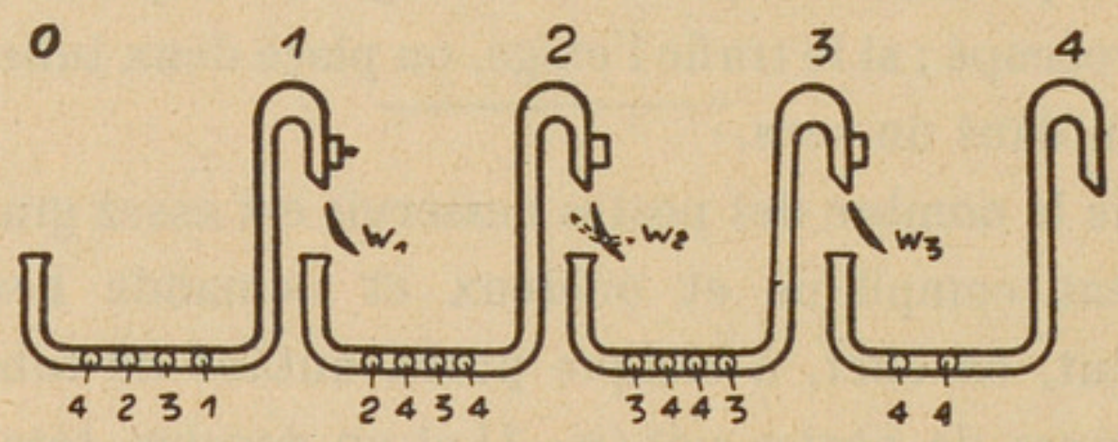


Fig. 2. — Intercommunication avec aiguillage.

les curseurs sur leur destination ; cette direction doit être donnée par les employés eux-mêmes. On peut se borner à transmettre le curseur d'un poste au poste le plus rapproché dans la direction de la station d'arrivée ; ce poste prend le document, s'il est pour lui, ou le transmet au suivant ; le document finit ainsi par arriver à destination. Ce système qui paraît primitif, est celui qui est actuellement employé dans le réseau urbain de Paris. Si l'on veut

éviter les pertes de temps aux différents postes intermédiaires, il faut s'arranger pour aiguiller directement sur le poste d'arrivée, par un dispositif spécial (dispositif de sélection), le curseur qu'on expédie, sans arrêt aux postes intermédiaires : c'est l'*aiguillage automatique*.

Combinaison des systèmes à intercommunication et à gare centrale. Simplification du problème de l'aiguillage automatique. — Dans le cas d'un grand nombre de postes, il devient impossible de les réunir tous par un même tube ; d'ailleurs tous les systèmes de sélection ont un pouvoir sélectif forcément limité. Dans ces conditions, on revient à ce système de la gare centrale : on réunit un certain nombre de postes, 6 par exemple, par une même ligne qui aboutit à la gare centrale (fig. 3) ; le système sélectif n'agit que sur les six postes d'une même ligne. Le trajet des documents est le suivant : envoi à la gare centrale par le poste expéditeur, aiguillage par la gare centrale sur le poste récepteur. Le système peut être *à sélection complète*, c'est-à-dire qu'on peut envoyer directement un curseur d'un poste à un autre poste placé sur la même ligne sans passer par la gare centrale, ou *à sélection unilatérale* si les curseurs transitent dans tous les cas par la gare centrale. La sélection complète a l'avantage d'accélérer le trafic de poste à poste sur une même ligne ; mais il faut avoir grand soin de ne pas gêner et retarder, par contre, le trafic émanant de la gare centrale. Le choix de tel ou tel système dépend donc des conditions du volume et de la répartition du trafic, et l'on devra étudier avec soin ces divers éléments avant d'établir le projet définitif.

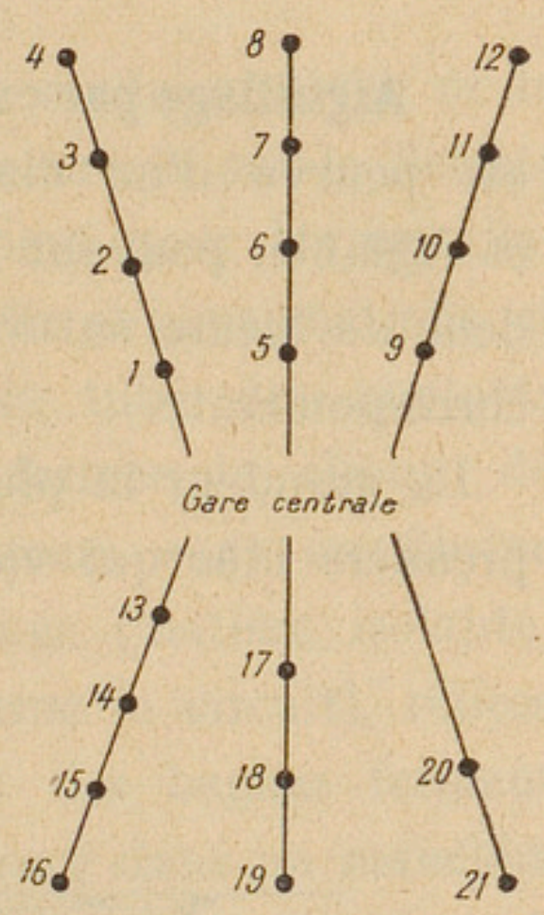


Fig. 3. — Gare centrale et intercommunications.

Nous verrons qu'on peut également, sous certaines conditions, rendre la gare centrale automatique.

Les divers systèmes d'aiguillage automatique. — Il existe deux grandes classes d'aiguillages automatiques : l'*aiguillage par curseurs* et l'*aiguillage à boutons ou à clés.*

Dans l'aiguillage par curseurs, on place sur le mobile un dispositif réglable pour chaque station et qui provoque le fonctionnement de l'aiguille d'éjection quand le curseur arrive au poste destinataire.

Dans la sélection par clés ou boutons, on emploie des curseurs ordinaires, et l'employé au départ manœuvre l'aiguille d'éjection de la station d'arrivée au moyen de boutons ou de clés et de câbles de commande à distance.

Aiguillage par curseurs. — Comme nous l'avons dit, le mobile est pourvu d'un dispositif dépendant d'une grandeur variable et réglable, pouvant être amenée en concordance avec une grandeur de même nature liée au système d'aiguillage de la station correspondante.

La grandeur la plus simple est la distance ou écartement. La première idée qui vient à l'esprit, pour utiliser cette grandeur,

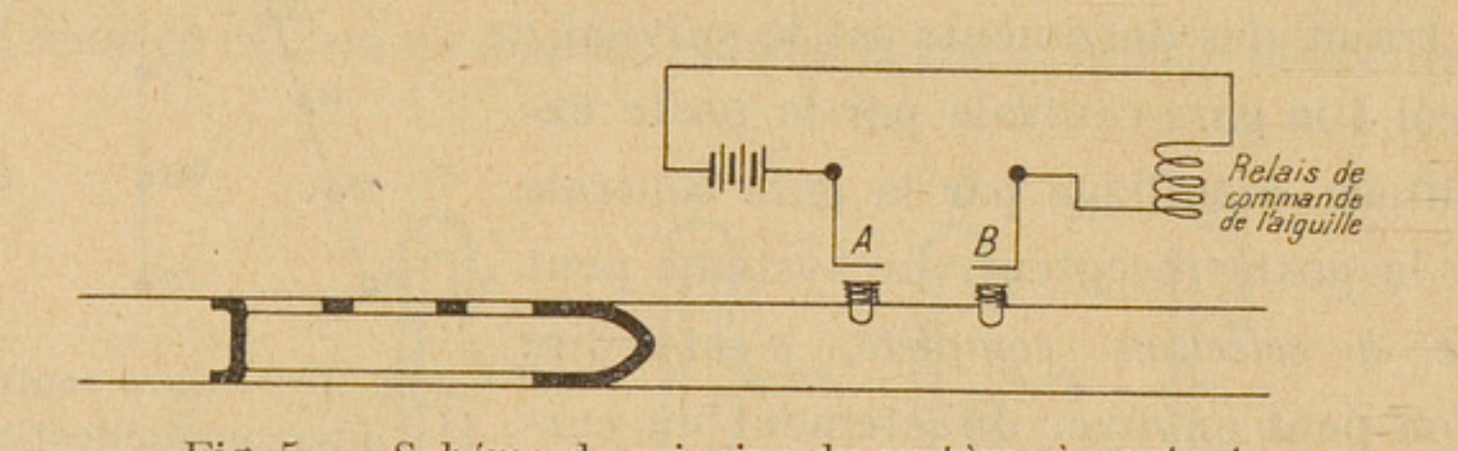


Fig. 5. — Schéma de principe du système à contact.

consiste à placer dans le tube, à proximité de chaque station, deux contacts situés à une distance dépendant du numéro d'ordre de la station (fig. 4). Sur le curseur, on place deux bagues, l'une fixe et l'autre pouvant être déplacée le long du curseur et prendre plusieurs positions, où elle est fixée par des crans, chaque position correspondant à l'écartement des contacts à la station d'éjection. Dans cette dernière station, il suffira de faire commander l'aiguille par un système électrique fermé simultanément par les deux contacts de manœuvre. En réalité, il est facile de voir que la réalisation du système se heurte à de sérieuses difficultés. Tout

d'abord, il possède une grande inertie, et si l'on ne veut pas avoir de fonctionnement intempestif, il est nécessaire de laisser au premier contact le temps de revenir à sa position de repos avant que le deuxième contact ne soit manœuvré ; il faut donc que les différences d'écartement soient assez grandes entre stations, et le pouvoir sélectif du système en devient très limité si l'on ne veut pas donner au mobile une longueur exagérée. Les curseurs sont animés de vitesses de plusieurs mètres à la seconde, les contacts sont donc très brefs et le réglage d'autant plus difficile que la vitesse peut varier dans d'assez grandes limites. Enfin les contacts seraient assez difficiles à réaliser et se détérioreraient vite par les chocs.

On a perfectionné le système et on l'a rendu pratique de la manière suivante, qui a été employée avec succès par la Société française de tubes pneumatiques, notamment pour les installations qu'elle a réalisées à la Caisse des dépôts et consignations et aux Galeries Lafayette. On place dans le tube des contacts fixes et l'on se sert des bagues pour fermer le circuit de commande de l'aiguille (fig. 5). Les curseurs sont en fibrine et pourvus de deux bagues de cuivre rouge (matière isolante, pour éviter que le corps du mobile ne ferme le circuit), reliées métalliquement à l'intérieur des curseurs. Ces bagues ferment le circuit électrique lors du passage du curseur dans un manchon de matière moulée isolante, creusée intérieurement de six rainures, dans lesquelles sont logés deux groupes de trois ressorts-lames placés à 120 degrés. L'écartement des groupes constitue l'indicatif de sélection. Si l'on ne veut pas avoir autant de types de de curseurs que de stations à desservir, il est facile de réaliser un curseur pouvant desservir toutes les stations ; par exemple (système de M. Picard), on peut pourvoir le curseur de bagues correspondant aux n stations, ces bagues peuvent être accouplées par paire au moyen d'une $(n + 1)^e$ bague faisant office de commutateur.

La difficulté de mise au point du système provient de la faible durée du contact : le curseur ayant une vitesse d'environ 12 mètres à la seconde et les bagues ayant une largeur de 8 millimètres, la

durée du contact est de 1/1500 de seconde. Pour obtenir un effet suffisant dans une durée si courte, on se sert d'électro-aimants construits par une tension de 12 volts et alimentés par 110 volts ; mais il faut éviter le grillage des enroulements en cas de contact accidentellement prolongé ; aussi l'armature de l'électro-aimant

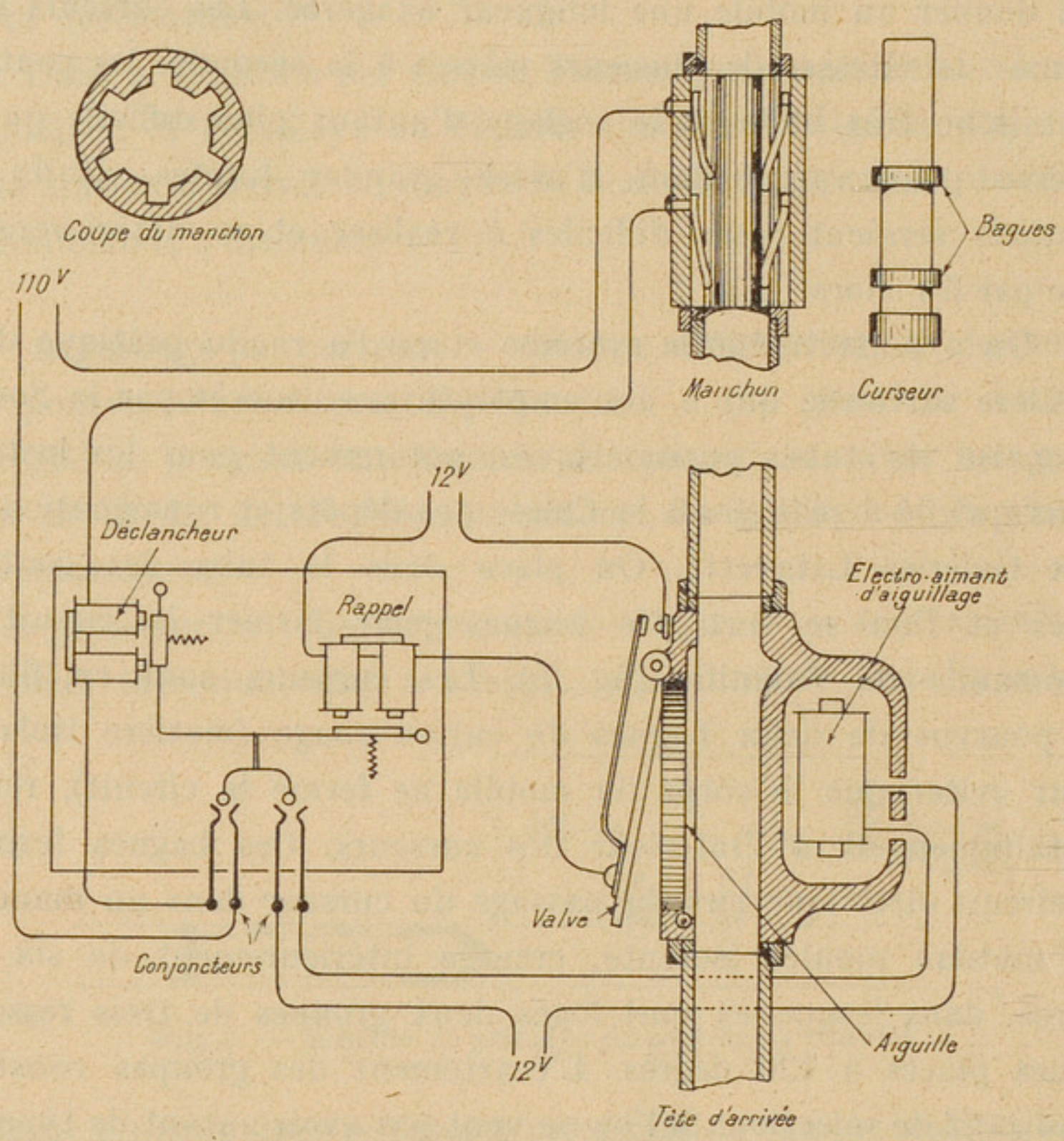


Fig. 5. — Schéma de dispositif Picard.

coupe-t-elle le courant dès qu'elle a fonctionné. L'armature, au repos, soutient un levier tiré par un petit ressort à boudin et portant deux pièces cylindriques placées dans le prolongement l'un de l'autre et agissant sur deux paires de ressorts-lames : dans une paire, les ressorts sont en contact et intercalés dans le circuit de l'électro-aimant déclancheur ; dans l'autre paire, les ressorts sont séparés, mais intercalés dans un circuit comprenant une batterie de 12 volts et un électro-aimant d'aiguillage placé dans

la tête du récepteur. Quand le curseur franchit le manchon, l'électro-aimant déclancheur fonctionne, le levier est libéré par l'armature, les ressorts du circuit de l'électro-aimant déclancheur sont séparés et ceux du circuit de l'électro-aimant d'aiguillage viennent en contact. L'électro-aimant d'aiguillage provoque le fonctionnement d'une tige qui vient se placer obliquement dans la tête de tube et oblige le curseur à sortir. Ce dernier repousse une valve de cuir, commandant elle-même un contact qui remet le système au repos (voy. la figure).

Ce système a l'avantage d'une grande simplicité. Mais certains constructeurs ont cherché à supprimer tous les contacts mécaniques à l'intérieur du tube, ces derniers présentant toujours, à la longue, des risques de détérioration par l'oxydation et les chocs.

Le système DeTeWe (Deutsche Telephonwerke und Kabel Industrie) utilise les variations de réluctance d'un circuit magnétique lorsqu'on fait varier l'entrefer. La cartouche DeTeWe se compose d'une douille de duralumin, munie de fenêtres de celluloïd qui permettent d'apercevoir le contenu sans ouvrir la cartouche ; elle porte deux bagues de fer : l'une fixe, l'autre pouvant se déplacer le long de la douille et prendre plusieurs positions, ou elle est maintenue par l'ergot qu'elle porte et qui pénètre dans des crans convenablement séparés (fig. 6). Les pôles de deux aimants permanents entourent le tube, un peu avant la station à desservir, la distance des pôles est la caractéristique de la station. Lorsqu'une bague passe dans un des pôles d'aimants, le flux magnétique se ferme par le fer de la bague ; la réluctance diminue brusquement, puis revient à sa valeur primitive ; il en résulte, par induction, un courant rapide dans l'enroulement porté par la culasse de l'aimant. Si l'écartement des bagues ne correspond pas à celui des pôles, les courants induits dans chaque enroulement sont successifs. Au contraire, si la distance des bagues est la même que celle des pôles, des courants instantanés prennent simultanément naissance dans les deux enroulements ; dès lors, si l'on relie l'un d'eux à une bobine fixe couplée magnétiquement à une bobine mobile, le système fonctionnera

exactement comme un galvanomètre balistique et la bobine modèle prendra une certaine élongation, dont la durée dépendra des caractéristiques mécaniques du système. Le rotor ferme le circuit d'un électro-aimant R_2, qui ferme lui-même le circuit du relais d'aiguillage. Le relais R_2 ferme son propre circuit après avoir fonctionné, de manière à rester sur la position du travail même quand

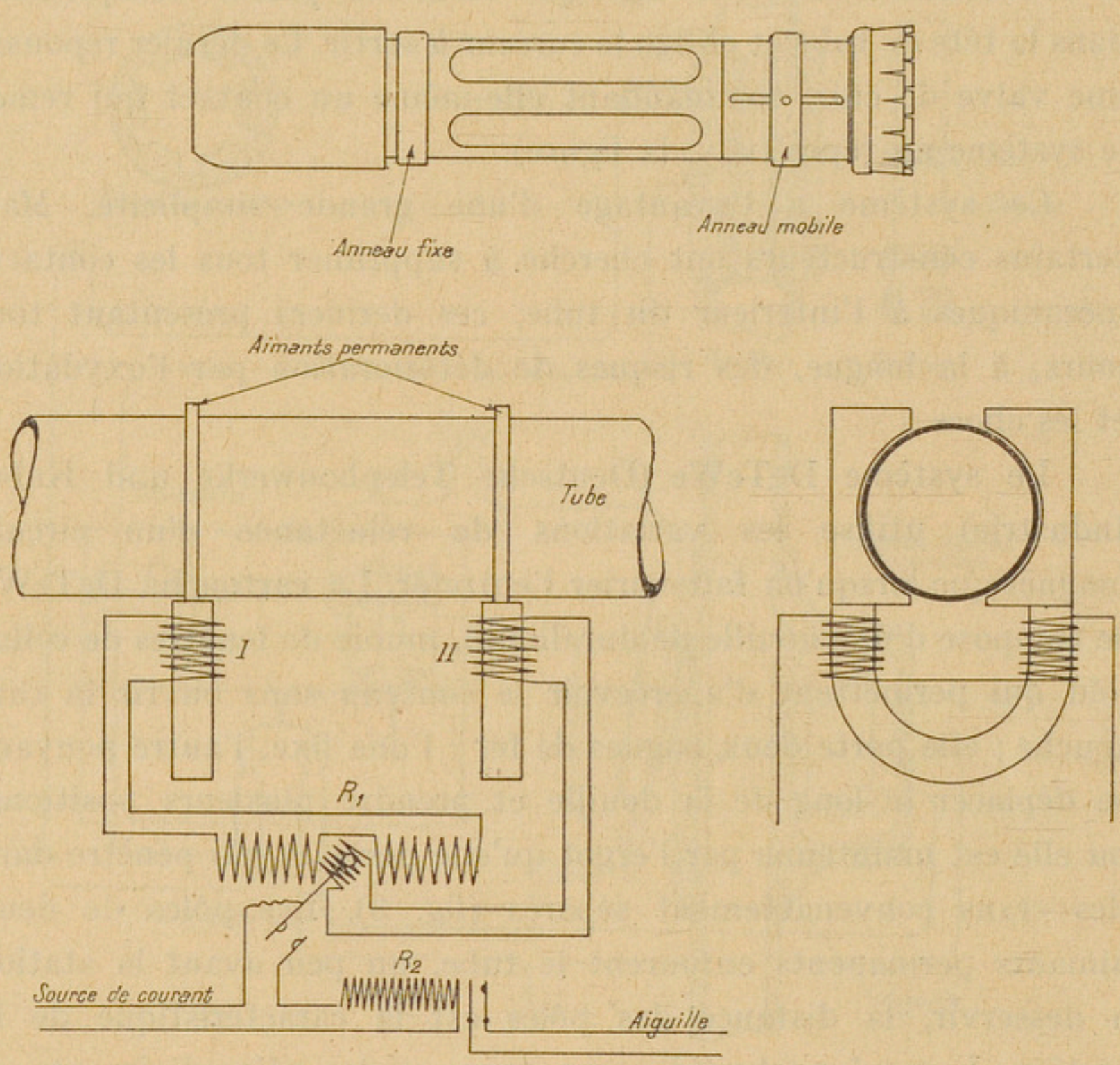


Fig. 6. — Système DeTeWe.

le rotor de l'équipage mobile revient au repos, et cela jusqu'à ce que le curseur aiguillé passe l'aiguille et la remette au repos. Le système est dit *synchrone* en ce sens qu'il faut que les courants dans l'équipage mobile aient des phases voisines pour qu'il y ait un effet produit. Si les longueurs ne sont pas accordées, les phases sont différentes, et il est facile de régler les différences d'écartement pour que les différences de phase des courants induits dans les enroulements annulent pratiquement leur effet réciproque. La

De Te We a d'ailleurs aussi utilisé pour la détection une lampe triode. Le courant du système 1 sert de courant de grille ; celui du système 2, du courant de plaque. Il y a donc courant dans la lampe quand les deux courants induits 1 et 2 sont simultanés. Cette solution a d'ailleurs l'avantage d'une moins grande inertie que la première et de permettre également de renforcer le courant.

Si l'on admet une largeur de bague de 5 millimètres, la pratique montre que les différences d'écartement entre stations ne doit pas descendre au-dessous de 25 millimètres. Cela permet d'obtenir un pouvoir de sélection suffisant pour la pratique. D'ailleurs

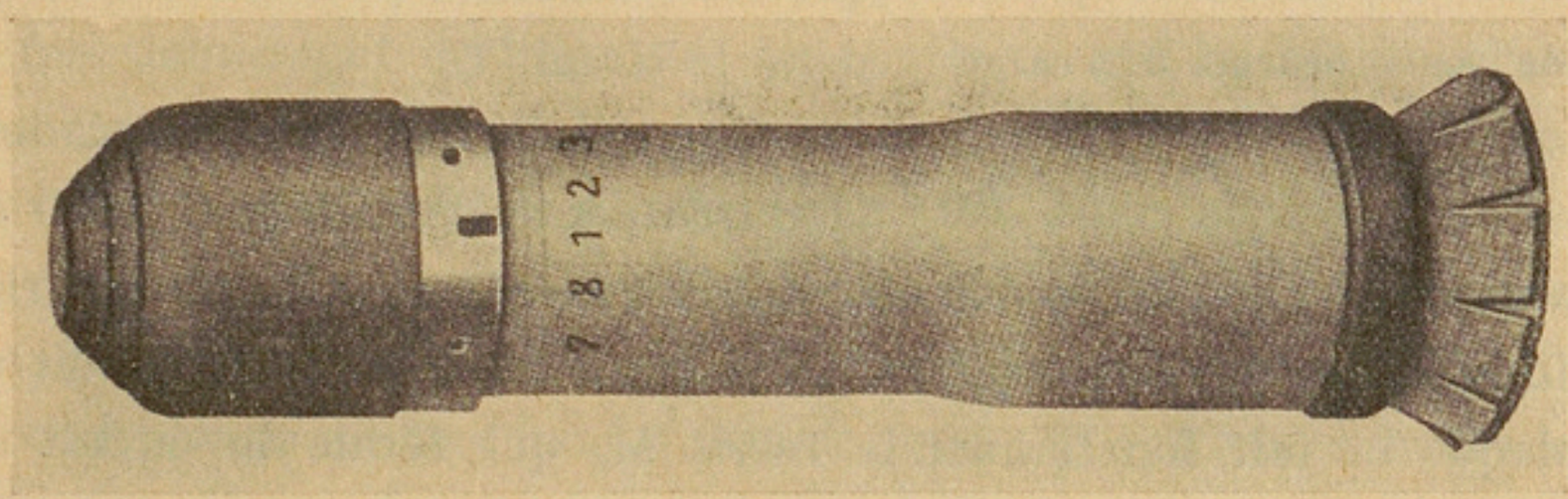


Fig. 7. — Curseur Mix et Genest.

on pourrait augmenter facilement le nombre des stations sélectées en plaçant trois bagues sur le curseur, l'une étant fixe et les autres réglables.

Ce système a été employé avec succès sur l'une des lignes du réseau urbain à Berlin.

La maison Mix et Genest de Berlin, spécialiste des divers systèmes de boulisterie, a mis au point un système analogue au précédent, mais basé sur un principe un peu différent. Au lieu d'accorder des écartements de pièces magnétiques, on accorde les longueurs d'onde de deux circuits oscillants, dont l'un appartient à la station et l'autre au curseur. Le curseur (fig. 7), porte un circuit oscillant composé d'un enroulement et d'un condensateur, et un commutateur réglable placé derrière le curseur permet de faire intervenir une ou plusieurs sections de l'enroulement, comme l'indique la figure 8. Dans le tube pneumatique, une partie isolante porte deux bobines, dont l'une est réunie à un conden-

sateur pour former le circuit oscillant caractéristique de la station ; l'autre, à la grille d'une lampe triode fonctionnant en oscillateur. Les deux circuits, lampe triode et circuit oscillant, sont couplés par l'induction mutuelle des bobines B et C (fig. 9), qui, en raison de leur écartement, n'exercent qu'une trop faible action l'une sur l'autre pour que le circuit oscillant soit excité.

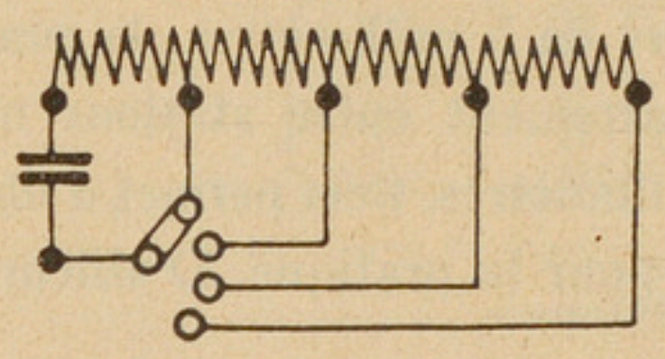


Fig. 8. — Schéma de l'enroulement du curseur Mix et Genest.

Lorsqu'un curseur passe dans la partie isolée, et si sa longueur d'onde est réglée sur celle du circuit, le facteur de couplage devient suffisant pour que des oscillations prennent naissance dans le circuit C.

L'action de ces oscillations, dont la durée est de l'ordre de 1/1000 de seconde, est renforcée par un amplificateur. Aussitôt que la grille de la lampe devient positive, un courant passe dans le circuit de plaque et fait fonctionner le relais M, qui ferme le circuit du

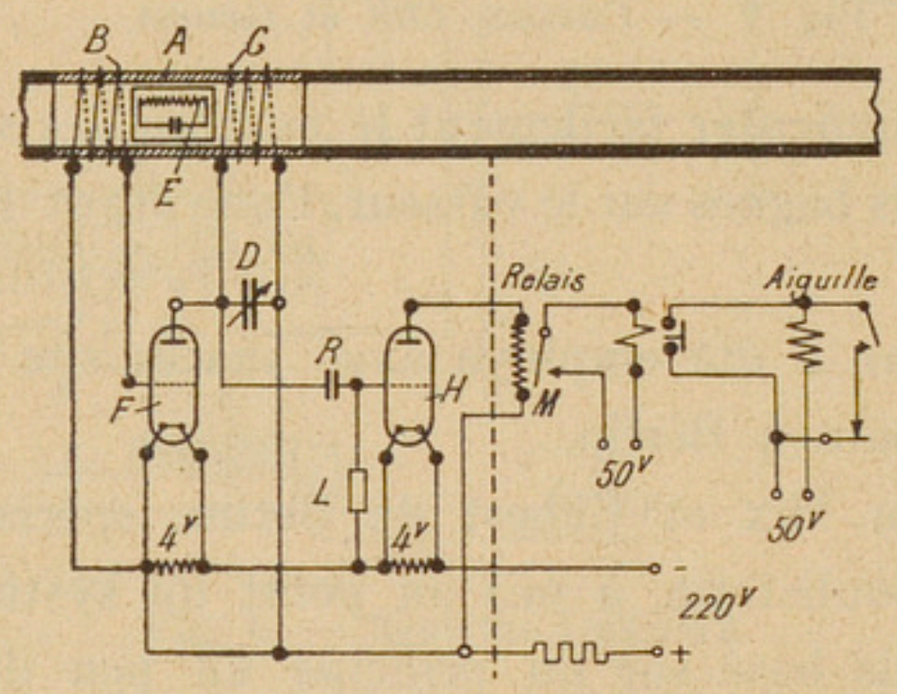


Fig. 9. — Schéma électrique de l'aiguillage Mix et Genest à haute fréquence.

relais de commande d'aiguille : l'aiguille est mise en position d'éjection. Dès que la charge positive de la grille s'est écoulée dans la résistance 1, le relais M retombe, mais l'aiguille n'est libérée mécaniquement que par la curseur lui-même au moment de son éjection.

Ce système a été utilisé à Paris dans le secteur de Forest,

où il donne, dans l'ensemble, satisfaction, bien que son réglage ne soit pas encore tout à fait au point.

On peut évidemment imaginer un grand nombre d'autres systèmes. Nous parlerons, à titre d'exemple et pour mémoire, du brevet pris récemment par M. Krieger et utilisant une cellule photo-électrique.

Une source lumineuse est placée près du tube et envoie, à l'intérieur de ce dernier, des rayons lumineux qui pénètrent par une fenêtre transparente encastrée. Le mobile porte une surface réfléchissante, d'inclinaison variable. Si l'inclinaison correspond à la station que traverse le curseur, les rayons réfléchis tombent, à travers des fenêtres convenablement placées, sur des cellules photoélectriques, dont le courant, après amplification, provoque le fonctionnement de l'aiguille. Au contraire, si l'inclinaison n'est pas convenable, les cellules ne sont pas influencées et le curseur traverse la station sans s'arrêter (fig. 10). Nous signalons seulement à titre documentaire ce système, qui, à notre connaissance, n'a encore jamais été réalisé, et nous passons à l'examen du second groupe de commande automatique : le système à boutons.

L'aiguillage à boutons ou à clés. — Dans l'aiguillage à boutons ou à clés, on se sert de curseurs ordinaires, et l'aiguille d'arrivée est commandée au départ par une clé placée sur la table d'expédition. Il y a autant de clés que de postes à desservir. Ce système nécessite des câblages assez importants, reliant les clés de chaque poste aux divers relais de fonctionnement des aiguilles. Il convient donc particulièrement lorsque le prix de revient du câblage est inférieur à celui des appareils d'aiguillage spéciaux et de l'emploi de curseurs aiguillés, c'est-à-dire pour des distances assez courtes.

Le procédé le plus simple (Krieger) consiste à faire commander l'aiguille d'arrivée directement par le poste expéditeur ; il faut donc, pour éviter des mélanges, que, lorsqu'un curseur est en route d'un poste vers un autre, aucun autre curseur ne puisse être expédié par ce poste ou par une station intermédiaire. Ce résultat est obtenu au moyen d'un système dit *d'interdiction*, qui peut être partiel ou total : il est total si la ligne est interdite tant

que la précédente cartouche n'est pas arrivée à destination ; il

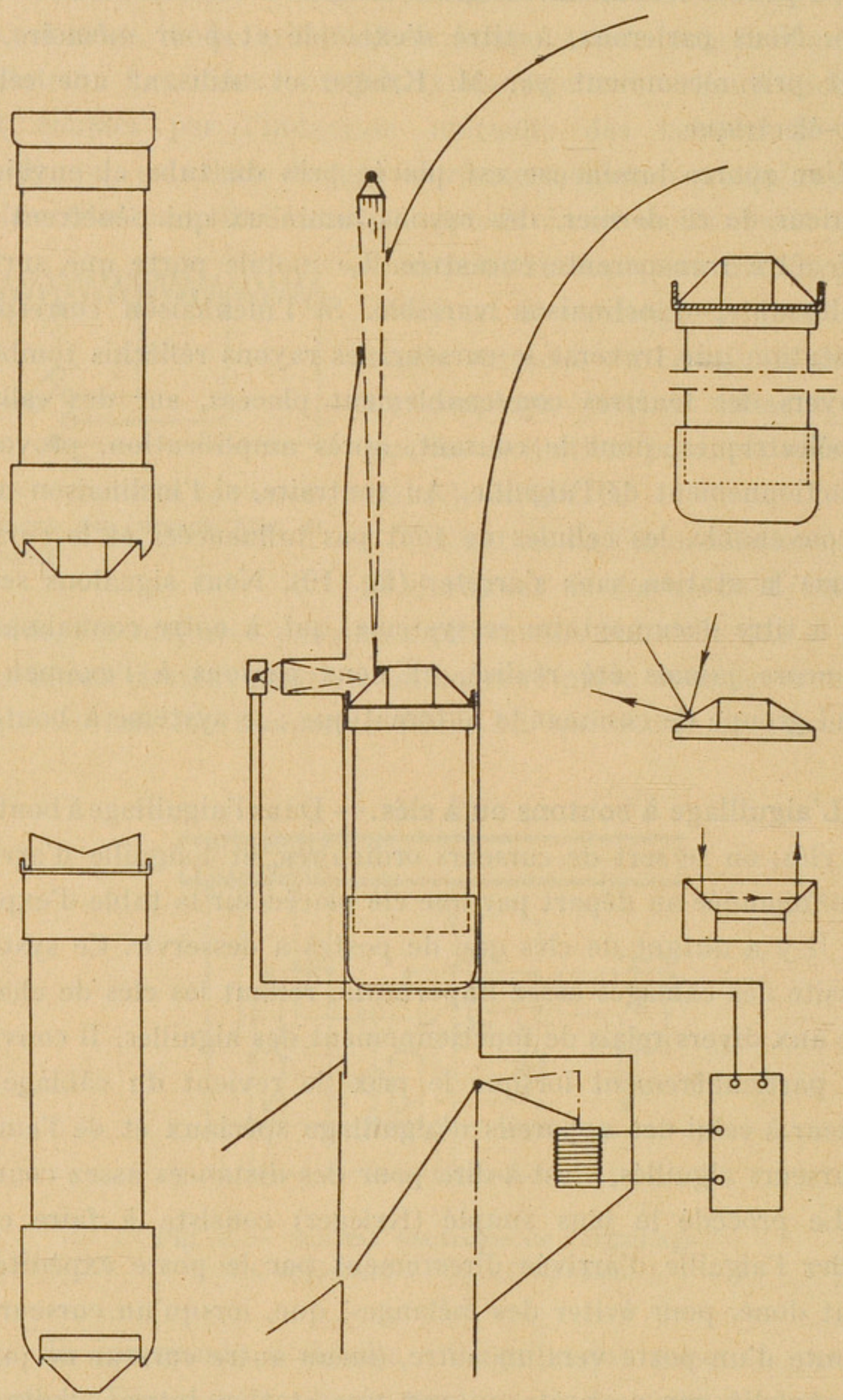


Fig. 10. — Schéma du système Krieger à cellule photo-électrique.

est partiel si l'interdiction ne vise qu'un certain tronçon de la ligne

dans lequel on ne peut engager une cartouche derrière une autre sans risque de mélange.

L'interdiction peut porter soit sur les boutons de commande à distance des appareils d'éjection qui sont bloqués, soit sur l'embouchure d'envoi qui est verrouillée, soit sur les deux à la fois.

Ce système est simple et robuste, mais ne convient que pour un trafic assez faible. Si l'on veut profiter de tout le pouvoir d'écoulement des tubes, il faut recourir à une installation plus complexe. Nous décrirons le système Zwietusch, qui a été récemment expérimenté sur une ligne du réseau pneumatique de Berlin. Le problème consiste à permettre l'envoi de cartouches d'un poste aux autres postes de la même ligne sans autre souci que de maintenir entre les curseurs l'espacement nécessaire pour la sûreté de fonctionnement des organes électriques.

Il est donc nécessaire que la commande par boutons au moment du départ agisse non directement sur l'aiguille d'arrivée, mais sur un système enregistreur. On emploie des commutateurs-enregistreurs analogues à ceux de la téléphonie automatique. Nous n'entrerons pas dans le détail des circuits, qui dépasserait le cadre de cet article. La figure 11 est d'ailleurs assez complète à cet égard et nous nous bornerons à donner les développements nécessaires pour exposer clairement les principes de fonctionnement.

A chaque secteur, correspond un certain nombre de sélecteurs enregistreurs qui portent trois bras, a, b, c, frottant sur trois bancs de contacts. Il y a autant d'enregistreurs qu'il peut y avoir de cartouches au maximum dans la section considérée ; si la section est de 1500 mètres, par exemple, et qu'on admettre un intervalle de 10 secondes entre les envois successifs, si d'autre part la vitesse des curseurs est de 15 mètres à la seconde, il pourra circuler au maximum : $\frac{1500}{10 \times 15} = 10$ curseurs dans la section considérée ; il faudra donc 10 enregistreurs pour cette section. Le nombre de contacts sur les bancs des enregistreurs correspond au nombre des stations à desservir. Les enregistreurs sont successivemen distribués aux curseurs suivant leur numéro d'ordre par un distributeur d'entrée. Quand le premier curseur est envoyé au poste 1,

le distributeur se trouve sur le contact 1 correspondant au premier enregistreur. Le circuit de l'enregistreur est fermé et l'enregistreur explore ses contacts par le moyen du bras « a » jusqu'à ce qu'il rencontre le circuit fermé par le bouton correspondant et qui est multiplé sur toutes les broches correspondantes des enregistreurs. A ce moment, un courant est envoyé dans le circuit de l'électro-aimant de rotation du distributeur, qui avance d'un cran et se place sur le contact, interrompant le circuit de l'électro-aimant de l'enregistreur, qui reste sur le plot 3. A ce moment, tout revient au repos à la station 1, et l'envoi d'un deuxième curseur sera de même enregistré par le sélecteur n° 2, tandis que le distributeur passe sur la troisième touche.

Lorsqu'au poste 2 on envoie un curseur, tout se passe de la même façon ; mais on utilise, bien entendu, les commutateurs de la deuxième section. L'idée fondamentale du système est de faire commander les organes de la deuxième section par un curseur passant en transit, exactement comme si ce curseur était expédié de la deuxième station. Ainsi donc, tout curseur changeant de section libère les organes de la section précédente et prend l'enregistreur correspondant à son numéro d'ordre dans la section nouvelle. Pour cela, le curseur pousse, en traversant la station, un contact de tube qui ferme le circuit d'un distributeur de sortie placé sur la première section et qui porte deux bras ; ces derniers explorent chacun deux séries de broches, dont l'une est reliée aux bras b et l'autre aux bras c des enregistreurs. Les broches des bancs c sont respectivement multiplées entre elles avec les broches des bancs « a » des enregistreurs de la deuxième section et avec les circuits des boutons. On voit donc que, lorsque le curseur commande le contact d'entrée dans la deuxième section, tout se passe comme si l'on avait envoyé le curseur du deuxième poste en appuyant sur le bouton n° 3. Le distributeur d'entrée de la deuxième section avance d'un pas et l'enregistreur (par exemple le n° 6, s'il y a déjà cinq curseurs en ligne(correspondant à sa touche précédente est bloqué sur son contact n° 3. Le deuxième curseur arrivant au poste 2, le distributeur de sortie sera sur la touche 2 et c'est donc bien l'enregistreur n° 2 correspondant à ce curseur

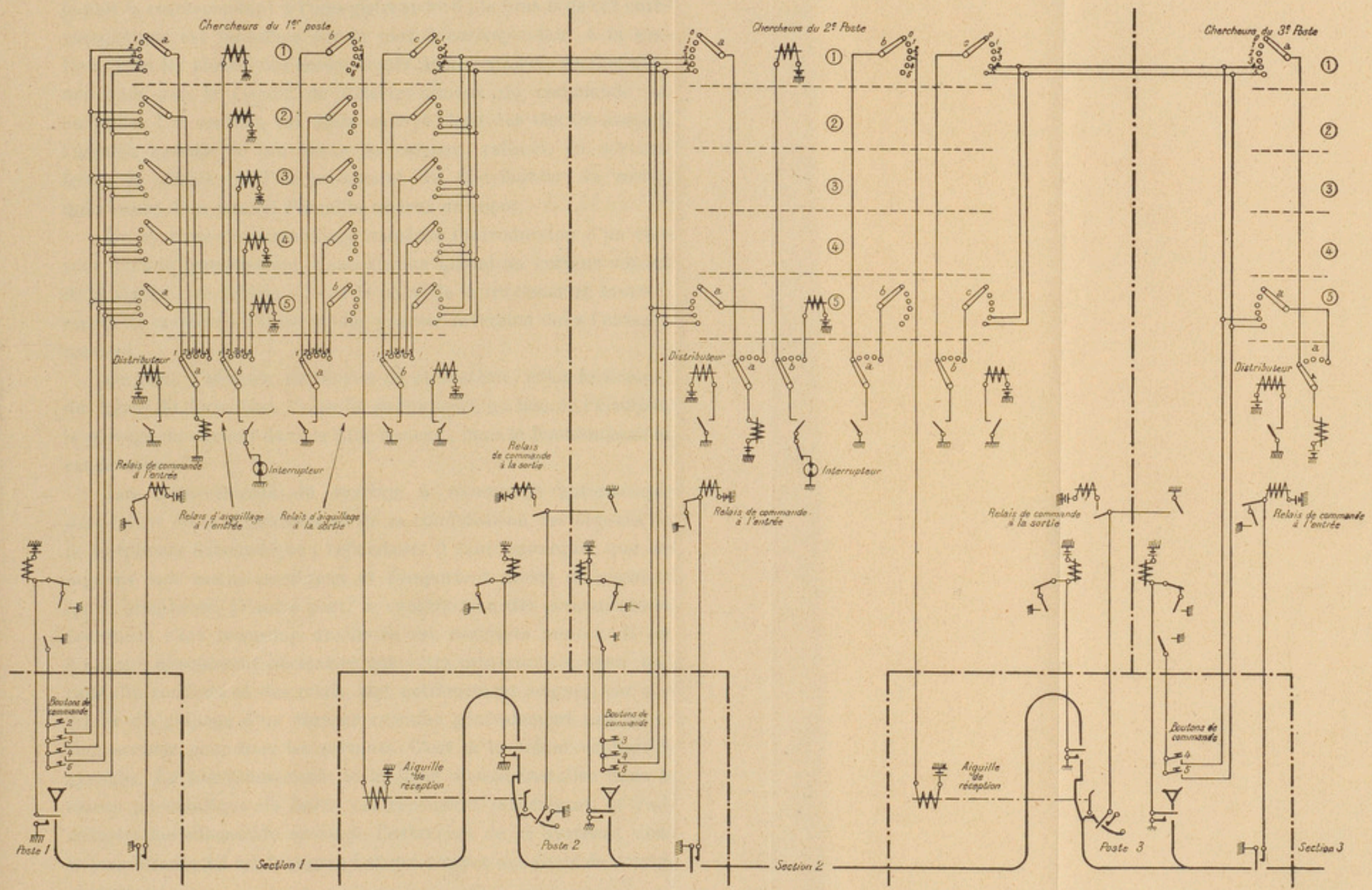


Fig. 11. — Schéma électrique du système Zwietusch à commande automatique intégrale

qui entrera alors en fonction. Quand le premier curseur arrive au poste 3, le distributeur de sortie de la deuxième section est sur le plot 6, correspondant à l'enregistreur n° 6 ; le bras b de cet enre-enregistreur est lui-même sur le plot 3 correspondant à la station. Tous les plots 3 des enregistreurs de la deuxième section sont multiplés sur le circuit de l'électro-aimant de commande de l'aiguille. Un courant est alors envoyé dans cet électro-aimant, l'aiguille bascule et fait sortir le curseur ; celui-ci, en sortant, ferme le circuit de l'électro-aimant du distributeur de sortie, qui avance d'un pas, et l'aiguille revient au repos.

Un système de verrouillage empêche l'introduction d'un curseur dans le transmetteur d'une station quand un curseur venant de la station précédente est sur le point de la traverser et inversement, de manière qu'il ne puisse y avoir inversion dans l'enregistrement.

On peut d'ailleurs, au moyen de ce système, créer facilement des lignes de dérivation, l'aiguille provoquant, au lieu de l'éjection, le passage du curseur dans le tube annexe ; mais le fonctionnement est le même.

Les inconvénients du système à commande automatique participent de la délicatesse et de la complication des organes de la téléphonie automatique ; cependant, il faut remarquer que les organes sont moins nombreux et comportent moins de contacts qu'en téléphonie. D'autre part, la construction des commutateurs tournants s'est beaucoup améliorée ces dernières années. Il est d'ailleurs absolument nécessaire que cette construction, ainsi que celle des contacts et des relais, soit extrêmement soignée, car une erreur d'aiguillage d'un curseur entraîne généralement une sélection erronée pour tous les suivants. C'est là le défaut capital du système. Le fonctionnement de la ligne d'essai installée dans le réseau pneumatique de Berlin est cependant satisfaisant, et l'administration allemande envisage l'extension de ce système, dont le pouvoir sélectif est très grand et qui permet une foule de combinaisons.

Aussi la maison Mix et Genest a-t-elle réalisé à son tour un système analogue ; mais, en même temps, elle s'efforçait de s'af-

franchir, dans une certaine mesure, des défauts signalés plus haut et mettait au point l'aiguillage dit *à appareil commutateur*, dont nous allons parler. Cette société est en train d'équiper, dans le réseau urbain de Berlin, la ligne à double tube reliant les bureaux Charlottenburg 2, W 15, Wilmersdorf 1, Wilmersdorf 2 et W 80, dans un sens avec la commande automatique et dans l'autre avec la commande à appareil commutateur, ce qui permettra d'établir facilement la comparaison des deux systèmes.

Nous admettons, pour la facilité de l'exposition, qu'il y a cinq stations, 0, 1, 2, 3, 4, les stations intermédiaires 1, 2 et 3 étant

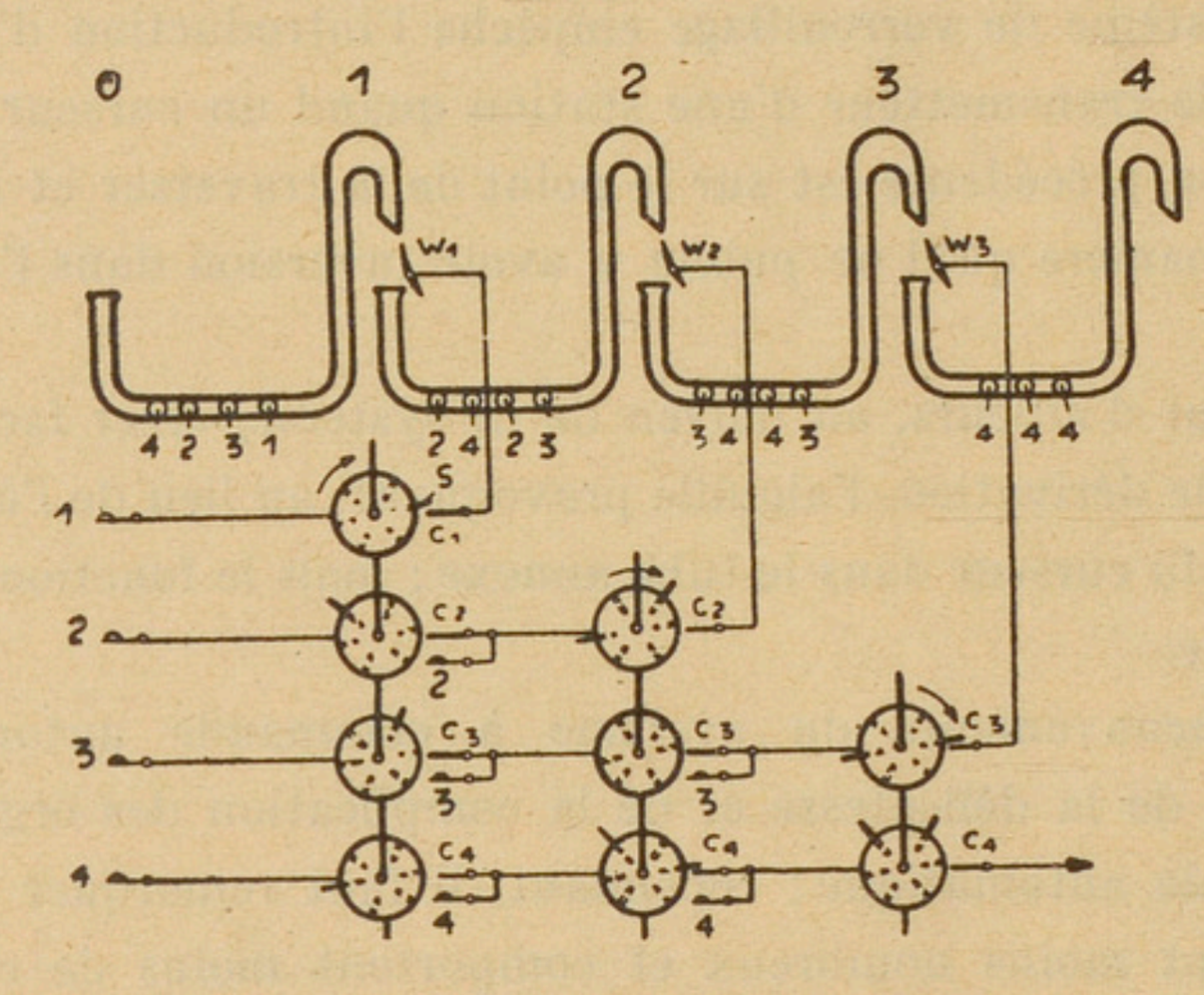


Fig. 12. — Schéma de la commande Mix et Genest par appareil commutateur.

pourvues d'aiguillages automatiques (fig. 12). Chaque station intermédiaire comprend autant de disques de contact qu'il y a de stations à desservir à partir d'elle, soit quatre pour la station 1, trois pour la station 2, etc... Les disques de chaque section sont respectivement reliés par fils aux boutons de la station précédente. Tous les disques d'une station sont montés sur le même axe et progressent donc ensemble pas à pas. Chaque disque porte autant de chevilles qu'il peut y avoir, au maximum, de curseurs simultanément engagés dans la section suivante. En position de repos, ces chevilles sont à l'intérieur du disque ; mais elles peuvent, sous l'action des commandes électriques, sortir du disque, et venir

en contact avec un système de ressorts spéciaux ; ces ressorts sont respectivement reliés, le premier à l'aiguille de la station, les autres aux disques correspondants de la station suivante par le même conducteur que le bouton correspondant à cette station. Ainsi donc, les disques d'une station peuvent être commandés soit par les boutons, soit par les disques de la station précédente, ce qui est nécessaire puisque les curseurs à destination de cette station peuvent soit émaner de la station précédente, soit y passer seulement en transit.

Les ressorts sont solidaires d'un levier et peuvent tourner d'un cran dans le sens contraire de celui de la rotation des disques. Nous admettrons que la cheville déclanchée par un bouton sur le disque correspondant est celle qui correspond à une orientation donnée du disque (la même, d'ailleurs, pour tous les disques), que le système disque-ressorts, à la station suivante, tourne d'un pas dans le sens de la flèche chaque fois qu'un curseur traverse la station précédente ou en est expédié, et que les ressorts seuls (et non les disques) appartenant à une station avancent d'un cran dans la direction inverse de celle de la flèche chaque fois qu'un curseur traverse cette station ou y est éjecté. Nous représenterons les curseurs dans chaque section par un petit cercle portant le chiffre de la station destinataire. Lorsqu'à la station O on a envoyé le curseur 1 à la station 1, la cheville 1 du disque 1, qui était en position de déclanchement, est venue en contact avec le ressort 1 et le système a tourné d'un pas, les chevilles 2 de tous les disques venant en position de déclanchement. Lorsqu'on a envoyé le curseur 2 destiné à la station 3, on a appuyé sur la touche 3, et la cheville 2 du disque 3 a été déclanchée, le système des disques avançant d'un pas pour mettre les chevilles 3 en position de déclanchement ; et ainsi de suite. Quand le curseur 1 arrive à la station 1, c'est toujours le ressort C qui est en contact avec la touche du disque 1. Le curseur à l'arrivée actionne un contact (contact de tube) qui ferme le circuit de l'aiguille, et l'éjection se produit ; en même temps, le système des ressorts avance d'un cran dans la direction inverse de celle de la flèche ; c'est donc le ressort C_3 qui vient en contact avec la cheville 2 du disque 3. L'aiguille est

remise mécaniquement à sa position de repos par l'éjection du curseur. Lorsque le curseur 2 arrive à la station 1, la manœuvre du contact du tube a pour effet de mettre le courant non cette fois sur l'électro-aimant de l'aiguille d'éjection, mais sur le système d'aiguillage de la station 2 suivante, correspondant à l'éjection en 3, exactement comme si l'on avait appuyé, à la station 1, sur le bouton 3. Le curseur prend donc sa place normale dans la deuxième section. Les balais de la station 1, avancent d'un cran, et c'est le ressort C_2 qui vient en contact avec la cheville 3 du disque 2 pour l'aiguillage du curseur 3. D'ailleurs, dès que les chevilles ont fonctionné, elles sont remises au repos à l'intérieur du disque par un procédé spécial. On voit donc que, par ce procédé, les dispositifs de sélection sont placés dans chaque poste, ce qui permet de réduire le câblage ; d'autre part les organes sont robustes et solides ; toutefois, la surveillance des commutateurs est un peu moins aisée que dans le cas de la commande automatique, puisque les organes ne sont pas réunis dans le même local.

La gare centrale automatique. — Si le nombre des postes à desservir est trop grand, on est obligé de recourir à la gare centrale. Lorsque la gare centrale est desservie manuellement, il n'y a pas de difficulté particulière. La Société française des tubes pneumatiques a cherché à rendre la gare centrale automatique.

Le principe du système est le suivant. Tous les postes sont réunis par un tube à la gare centrale, où ils débouchent dans une sorte de cuvette conique, au fond de laquelle se trouve le tube central. Du tube central, débouchent des tubes revenant vers chaque poste et pourvus d'aiguillage automatique. Le curseur porte deux systèmes de bagues et la sélection se fait en deux temps : sélection dans le tube central vers le tube convenable, sélection dans le tube desservant la station d'arrivée. Ainsi chaque station est desservie par deux tubes ; l'un, sans aiguillage et à ouvertures multiples, drainant le trafic vers la gare centrale ; l'autre, centrifuge et à aiguillage, pour la distribution des curseurs à leurs stations destinataires.

CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES A GRANDE DISTANCE EN CABLE,

par A. B. CLARK et H. S. OSBORNE.

Au congrès international d'électricité qui s'est tenu à Paris l'année dernière, MM. Clark et Osborne ont présenté un rapport sur les *Circuits téléphoniques à grande distance en câble*, dans lequel ils passent brièvement en revue l'histoire de ces câbles aux Etats-Unis, indiquent la base des projets électriques des câbles modernes, étudient les spécifications appliquées aux circuits en câble et l'utilisation des câbles pour satisfaire aux besoins du pays en matière de téléphone, et rendent succinctement compte des progrès réalisés dans l'étude d'un système de téléphonie par courants porteurs dans un câble satisfaisant pour les distances quelconques qu'on peut avoir dans l'avenir à franchir par câble téléphonique.

De ce rapport, nous extrayons les deux chapitres suivants, contenant d'intéressantes données numériques.

CONDITIONS IMPOSÉES PAR LA TRANSMISSION.

Le tableau suivant contient les conditions détaillées imposées, aux Etats-Unis d'Amérique, aux circuits interurbains en câble au point de vue de la transmission. On a donné en regard les conditions usuelles correspondantes que le C. C. I. a adoptées pour les circuits internationaux. Afin de rendre la comparaison possible, les conditions fixées par le C. C. I. pour les circuits internationaux sont placées en regard des conditions relatives aux circuits interurbains américains reliant deux centres régionaux de transit, et les conditions fixées par le C. C. I. pour le système national sont placées en regard des conditions américaines relatives à la liaison entre un abonné et un centre régional de transit. Comme il y a huit centres régionaux de transit aux Etats-Unis d'Amérique et vingt-neuf réseaux nationaux sur le continent européen, les zones correspondantes ne sont pas tout à fait comparables.

Valeurs spécifiées pour les caractéristiques de transmission.

Bell System.

Nombre de centres régionaux de transit : 8.

Circuits reliant deux centres régionaux de transit.

C. C. I.

Nombre de capitales européennes : 29.

Circuits internationaux.

Perte nette de puissance.

(basée sur la considération de la transmission effective).

Réseau futur.

Trafic terminal	9,0 db
Trafic de transit [perte nette de puissance en service de transit (1)].	3 db

Réseau existant.

Trafic terminal	9 à 11 db
Trafic de transit [perte nette de puissance en service de transit (1)]..	3 à 5 db

(basée sur la considération de l'équivalent de référence à 800 p : s)

Réseau futur.

Trafic terminal ou trafic de transit

Circuit à deux fils	8,7 db
Circuit à quatre fils ..	6,95 db

Réseau existant.

Circuit à deux fils	11,3 db
Circuit à quatre fils ..	9,6 db

Perte réelle maximum totale (de puissance) entre les deux abonnés (2)

Système émetteur depuis l'abonné qui parle jusqu'au centre régional de transit	16 db
Système récepteur entre le centre régional de transit et l'abonné qui écoute	12 db
Circuit entre centres régionaux de transit (perte nette en service de transit)	3 à 5 db
Total	31 à 33 db
250 à 2.750 p : s.	

Système émetteur national	17 db
Système récepteur national	11 db
Circuit international ..	7 à 11,3 db
Total	35 à 39,3 db
300 à 2.400 p : s.	

(1) La perte de puissance en service de transit (*via net loss*) d'un circuit est la part de ce circuit dans la perte nette de puissance d'une communication entière constituée au moyen de ce circuit relié à ses deux extrémités à d'autres circuits interurbains.

(2) Les pertes nettes de puissance d'un système émetteur ou récepteur national ou depuis l'abonné jusqu'à un centre régional de transit considéré ici sont les pertes maximum relatives à la liaison entre l'abonné le plus éloigné de la zone desservie par un bureau tête de ligne internationale ou par un centre régional de transit d'une part et ce bureau tête de ligne internationale ou centre régional de transit d'autre part.

Bell System.	C. C. I.

BANDES DE FRÉQUENCE EFFECTIVEMENT TRANSMISES.

Pertes aux fréquences minimum et maximum effectivement transmises supérieures de 10 db à la perte à 1.000 p : s. Pour des bandes plus étroites, l'équivalent de transmission effective tient compte de la réduction de la qualité de transmission due à la limitation de largeur de la bande.	L'équivalent aux fréquences minimum et maximum effectivement transmises est supérieur de 8,7 db à l'équivalent à 800 p : s.

DISTORSION DE PHASE.

Circuit direct (trafic terminal) ..... 20 ms Circuit de transit (trafic de transit) ..... 10 ms La valeur ci-dessus caractérisant la distorsion de phase est la différence entre les temps de propagation à 1.000 p : s et le temps de propagation à la fréquence maximum effectivement transmise.	Dans l'ensemble de la communication, la période transitoire (durée des phénomènes transitoires qui caractérisent la distorsion de phase) doit être inférieure à 30 millisecondes. La période transitoire est la différence entre le temps de propagation pour la fréquence maximum effectivement transmise et le temps de propagation pour 800 p : s.

DISTORSION NON LINÉAIRE.

Aucune limite n'a été fixée pour le moment pour les circuits commerciaux, mais on envisage des méthodes permettant de mesurer la réduction de la qualité de transmission due à la distorsion non linéaire et de l'exprimer en fonction de la transmission effective.	Aucune limite n'a été fixée pour le moment pour les circuits commerciaux, mais on envisage des méthodes permettant de mesurer la réduction de la qualité de transmission due a la distorsion non linéaire et de l'exprimer en fonction de la transmission effective.

VARIATION DE LA TRANSMISSION.

(moyenne dans les deux sens de la transmission)

Circuits de 400 km ..... ±1,5 db Circuits de 1.600 km ..... ±3,0 db (Ces limites sont dépassées dans 5 % des cas environ.)	Aucune limite fixée.

ÉCHOS.

Des courbes semblables à celle qui figure à la page 129 du *Livre Rouge* (Compte rendu de l'Assemblée plénière de C. C. I. en 1931) représentant les résultats d'expérience relatifs à l'intensité tolérable d'un écho en fonction du temps de propagation sont utilisées pour limiter les effets de l'écho.	Des courbes semblables à celle qui figure à la page 129 du *Livre Rouge* (Compte rendu de l'Assemblée plénière de C. C. I. en 1931) représentant les résultats d'expérience relatifs à l'intensité tolérable d'un écho en fonction du temps de propagation sont utilisées pour limiter les effets de l'écho.

Bell System.

Sur les circuits à quatre fils, on emploie des suppresseurs d'échos pour tous les circuits (H-44-25) d'une longueur supérieure à 430 km et servant au trafic de transit. Les circuits à quatre fils (H-44-25) utilisés exclusivement pour le trafic terminal, sont munis de suppresseurs d'échos lorsque leur longueur dépasse approximativement 1.000 km. Les courbes de la figure 4 du présent article indiquent les limitations qu'imposent les échos sur des circuits ainsi équipés.

C. C. I.

MARGE AU POINT DE VUE DE L'AMORÇAGE DES OSCILLATIONS.
(double de la stabilité.) (Conditions de trafic terminal.)

Circuits à deux et à quatre fils : 10 db	Circuits à deux fils..... 6,8 db Circuits à quatre fils..... 9 db

AFFAIBLISSEMENT DE DIAPHONIE.

Pour des circuits silencieux : Moyenne ..... 70 db Maximum ..... 60 db (avec une probabilité de 1 % de dépasser 60 db).	54 db au moins.

PERTE NETTE MINIMUM DE PUISSANCE EN SERVICE (voir texte).

4 db	Aucune limite fixée.

BRUITS DE LIGNE.
(y compris le murmure confus dû à des diaphonies multiples simultanées).

MESURES EFFECTUÉES AUX BORNES DE LA LIGNE
DANS LE BUREAU CENTRAL INTERURBAIN (Conditions de trafic terminal).

TEMPS DE PROPAGATION.

Pour une communication continentale ..... 250 ms Pour l'ensemble des circuits sur un même continent utilisés dans une communication intercontinentale. 100 ms Dans une communication continentale pour la partie de la liaison comprise entre les deux suppresseurs d'échos les plus éloignés l'un de l'autre.. 100 ms	Pour une communication continentale ..... 250 ms Pour l'ensemble des circuits sur un même continent utilisés dans une communication intercontinentale. 100 ms Dans une communication continentale pour la partie de la liaison comprise entre les deux suppresseurs d'échos les plus éloignés l'un de l'autre..... 100 ms

26 db (ou 200 unités conventionnelles de bruit, « Noise Units ») au-dessus du bruit de référence (dont la valeur est d'environ 10 unités conventionnelles de bruit). Pour des

La tension de bruit mesurée à l'extrémité du circuit interurbain doit être inférieure à 2 mV (approximativement 160 unités conventionnelles de bruit) et dans le cas des

bruits dépassant cette limite, on tient compte de la réduction de la qualité de transmission qu'ils produisent.

lignes en câble (cette limite est provisoire).

La tension de bruit est la tension sinusoïdale à 800 p : s qui, dans un récepteur normalisé de 600 ω produit le même trouble que le bruit mesuré au point de vue de la conversation téléphonique.

L'application de ces conditions relatives à la transmission conduit aux règles approximatives suivantes concernant l'utilisation de différents types normaux de câbles interurbains pour la constitution de circuits interurbains aux Etats-Unis d'Amérique :

Type de circuit.	*Portée maximum.*
Circuits à deux fils de 0,9 mm. chargés de bobines de 88 mH pour les circuits réels et de 50 mH pour les circuits fantômes espacées de 915 ou 1830 m. (B et H-88-50).	400 km. lorsque les circuits sont utilisés exclusivement pour le trafic terminal.
Idem.	220 km. lorsque les circuits sont utilisés pour le trafic de transit.
Circuits à quatre fils sans suppresseurs d'échos (fils de 0,9 mm. chargés de bobines de 44mH sur les circuits réels et de 25mH sur les circuits fantômes espacés de 1830 m.).	1050 km. lorsque les circuits sont utilisés exclusivement pour le trafic terminal.
Idem.	430 km. lorsque les circuits sont utilisés pour le trafic de transit.

CONDITIONS A IMPOSER DANS L'AVENIR AUX TRÈS LONGS CIRCUITS EN CABLE.

Actuellement, on utilise avec satisfaction, dans le service commercial régulier aux Etats-Unis, des circuits en câble dont les longueurs atteignent jusqu'à 3000 kilomètres. On a effectué des expériences sur des circuits à quatre fils en câble constitués pour des essais et dont les longueurs dépassaient 6000 kilomètres. Ces expériences ont montré que, pour de telles longueurs et en particulier pour des distances encore plus grandes qu'il faudra franchir, lorsque le service téléphonique intercontinental se développera, les spécifications actuelles des circuits interurbains en câble ne seraient pas entièrement satisfaisantes

Suppresseurs d'écho plus efficaces. — On ne peut pas exploiter avec la perte nette de puissance de 9 décibels qu'il est désirable de réaliser, des circuits de 6000 kilomètres équipés avec des suppresseurs d'échos de types ordinaires. Pour exploiter un tel circuit avec une perte nette de puissance aussi faible (9 décibels), il est nécessaire de disposer d'un type plus efficace de suppresseur d'échos. On a effectué des expériences avec un suppresseur d'échos dont la sensibilité varie automatiquement d'après l'intensité de bruits existant sur le circuit à un instant quelconque, ce dispositif étant d'autant plus sensible que les bruits sont moins intenses. On a trouvé qu'il était possible de régler ce dispositif de telle sorte qu'il ait une sensibilité suffisante pour permettre d'exploiter un circuit de 6000 kilomètres avec une perte nette de puissance de 9 décibels. Naturellement, lorsque les bruits sont introduits sur le circuit, la sensibilité de ce dispositif diminue, mais l'écho supplémentaire qui en résulte est largement masqué par les bruits accrus.

Distorsion de phase. — Pour un circuit de 6000 kilomètres à charge légère (H-44-25) la différence entre les temps de propagation à 1000 p : s et à 3000 p : s atteint environ 25 mètres. Des expériences effectuées sur des circuits à distorsion non linéaire très petite ont montré qu'une telle distorsion de phase n'est pas particulièrement grave en elle-même ; toutefois sur des longs circuits à quatre fils où il y a aussi de la distorsion non linéaire, l'effet de la distorsion de phase est plus prononcé et devient tout à fait gênant. Il faudrait donc utiliser des compensateurs de phase sur les circuits à charge légère (H-44-25) de 6000 kilomètres bien que de tels compensateurs ne semblent pas nécessaires pour des circuits de 3000 kilomètres.

Temps de propagation. — Dans une longue communication de transit utilisant des circuits en câble le temps de propagation devient un facteur important par lui-même, en dehors de la distorsion de phase. Pour un circuit à charge légère (H-44-25) de 6000 kilomètres muni de compensateurs de phase,

le temps de propagation est d'environ 1/4 de seconde dans chaque sens de transmission. Cette valeur est généralement considérée comme le maximum admissible. C'est la limite provisoire fixée par le C. C. I. pour la communication entière.

Troubles dus à l'interaction de deux suppresseurs d'échos. — Lorsque des dispositifs de commutation commandés à la voix (suppresseurs d'échos ou suppresseurs de réaction) sont installés sur de très longs circuits en câble, une autre complication apparaît. Supposons, par exemple, qu'une communication de 6000 kilomètres soit constituée au moyen de deux circuits munis chacun d'un suppresseur d'échos du type usuel fonctionnant, soit avec des relais, soit avec des tubes à vide. Supposons que les suppresseurs d'échos soient distants de 3000 kilomètres l'un de l'autre, le temps de propagation entre ces dispositifs étant égal à 1/8 de seconde pour chaque sens de transmission. Si l'on échange des conversations sur un tel circuit, on trouve que, de temps en temps, lorsque les deux personnes aux deux extrémités du circuit prononcent des paroles à peu près au même instant, les deux suppresseurs d'échos fonctionnent et chacun d'eux bloque une voie du circuit. Par suite, certains mots ou parties de mots sont perdus (trous dans la conversation). On a trouvé que pour un tel circuit, si le temps de propagation dans chaque sens de transmission entre deux suppresseurs d'échos ne dépasse pas environ $0^s,1$, il n'en résulte pas de troubles sérieux pour des conversations téléphoniques. Le C. C. I. a recommandé provisoirement que l'on s'efforce de respecter cette limite de $0^s,1$ chaque fois que l'on peut le faire.

Des circuits en câble meilleurs que les circuits actuels sont désirables pour des distances extrêmement grandes. — Toutes ces difficultés que présente le type de constructions actuel des câbles s'aggrave si au lieu d'un circuit de 6000 kilomètres on envisage, par exemple, les circuits intercontinentaux entièrement en câble qui pourront se présenter dans l'avenir. Un tel circuit reliant, par exemple San Francisco à Istamboul, aurait environ 16.000 kilomètres. Le temps de propagation pour une telle communication serait d'environ $0^s,6$ dans chaque sens de transmission,

de sorte que des conversations seraient sérieusement gênées. De graves difficultés se présenteraient également, soit à cause de dispositifs de commutation commandés à la voix, soit à cause des distorsions accumulées y compris les effets de la distorsion non linéaire. Par suite, bien qu'il soit possible d'utiliser un circuit de ce genre pour une communication bilatérale entre Istamboul et San Francisco, les imperfections d'un tel circuit seraient si évidentes qu'il est justifié de faire un grand effort pour mettre au point quelque chose de meilleur, si cela peut être fait pour une dépense raisonnable.

Téléphonie par courants porteurs dans les câbles. — La mise au point d'un système de téléphonie par courants porteurs dans les câbles a été poussée activement en vue d'obtenir d'une manière économique des meilleurs résultats de transmission sur de longs circuits en câble. Les recherches techniques effectuées à ce sujet par le Bell System aux Etats-Unis d'Amérique ont atteint maintenant un point tel qu'on est assuré du succès ; la téléphonie par courants porteurs aura un champ d'applications important pour des câbles à grandes distances dans les relations à très grand trafic.

Ce système à courants porteurs utilise des conducteurs de câbles non chargés pour lesquels la vitesse de propagation est beaucoup plus grande que sur les circuits pupinisés exploités aux fréquences vocales : la vitesse de propagation sur un tel circuit est d'environ 100.000 milles : s (160.000 km : sec), valeur effective tenant compte de l'accroissement du temps de propagation dû aux appareils. Un montage expérimental a été réalisé en raccordant en série les différents circuits d'un câble afin de réaliser un système équivalent à celui qui est représenté sur la figure 7. Cette figure représente simplement ce montage expérimental et non la solution finale à adopter, notamment en ce qui concerne le nombre de voies à courants porteurs par paire de fils, l'espacement de répéteurs, etc...

Des essais de conversation effectués avec ce montage expérimental ont donné une qualité de transmission très satisfaisante

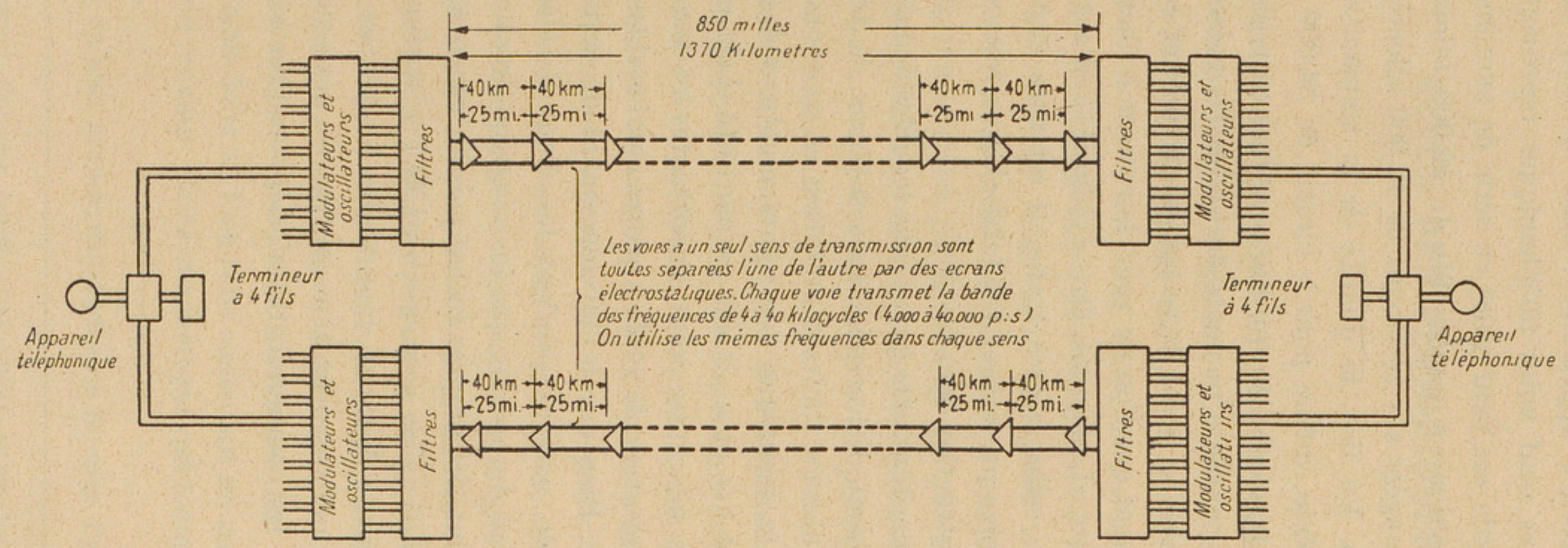

850 milles
1370 Kilometres
40 km
25 mi.
Modulateurs et oscillateurs
Filtres
Termineur à 4 fils
Appareil téléphonique
Les voies à un seul sens de transmission sont toutes séparées l'une de l'autre par des ecrans électrostatiques. Chaque voie transmet la bande des fréquences de 4 à 40 kilocycles (4.000 à 40.000 p:s)
On utilise les mêmes fréquences dans chaque sens

Fig. 7.

et aucune interférence appréciable entre circuits. Après avoir essayé chacune des neuf voies téléphoniques représentées sur la figure 7, on raccorda ces neuf voies en série de manière à réaliser un circuit téléphonique à quatre fils de 12.000 kilomètres. Les conversations échangées sur ce circuit de 12.000 kilomètres furent très satisfaisantes. En fait, la qualité de la transmission n'était pas beaucoup altérée, même pour le circuit de 24.000 kilomètres à un seul sens de transmission qui fut constitué en reliant en série toutes les voies à courants porteurs de toutes les paires du câble.

Bien que la mise au point de ce système à courant porteur soit loin d'être achevée et que l'on ne voie clairement à l'heure actuelle dans quelle mesure il pourrait être appliqué à d'autres artères téléphoniques que celles à gros trafic, il est bien certain que la distance ne sera plus un facteur limitatif chaque fois que l'emploi de ce type de construction sera justifié.

Dans les cinquante années qui se sont écoulées depuis le premier Congrès international d'électricité tenu à Paris, la téléphonie a passé par des nombreux stades d'évolution et au cours des trente dernières années la technique des communications à grande distance en câble est née et a atteint sa maturité. Cela est dû à un grand nombre de mises au point importantes et fondamentales telles que la pupinisation, le câble à paires combinables et le répéteur téléphonique. Bien que le développement de cette technique ait été très rapide, surtout pendant les vingt dernières années, il n'est pas exagéré de prévoir que les vingt ou trente prochaines années présenteront des progrès techniques au moins aussi grands et plus rapides, ainsi qu'un accroissement de l'utilisation des câbles interurbains à grande distance dans toutes les parties du monde, et il en résultera une augmentation continuelle des services rendus à l'humanité par les communications téléphoniques à grande distance.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Propagation d'oscillations électriques le long d'un tube contenant un gaz ionisé (C. Gutton et Mlle M. Chenot, *C.R. acad. sciences*, 27 février 1933). — Lorsqu'on approche de l'une des extrémités d'un long tube, contenant un gaz à une pression de l'ordre du millième de millimètre de mercure, un oscillateur à triode dont la fréquence correspond à quelques mètres de longueur d'onde, le tube s'illumine et la luminosité s'étend très loin, jusqu'à des régions où le champ de l'oscillateur est négligeable. On peut d'ailleurs le supprimer complètement en enfermant l'oscillateur dans une boîte métallique où pénètre seulement une faible longueur du tube.

Mlle Chenot a montré (1) que, si l'amplitude des oscillations est suffisante pour que la colonne lumineuse atteigne l'extrémité du tube opposée à l'oscillateur, il s'établit un système d'ondulations stationnaires. On observe le long du tube une série de concamérations lumineuses séparées par des espaces plus sombres et, en explorant avec un résonateur le champ au voisinage du tube, on le trouve semblable à celui qui existe le long d'un fil métallique à l'extrémité isolée duquel se réfléchissent des ondes hertziennes. Les internœuds sont toutefois beaucoup plus courts que le long du fil ; ils correspondent à une vitesse de propagation seulement égale à quelques centièmes de la vitesse de la lumière.

Ces observations conduisent à étudier les mouvements des centres électrisés dans un long tube contenant un gaz ionisé lorsqu'on y produit un champ électromagnétique périodique de fréquence élevée.

A cause de leur grande différence de masses, l'amplitude d'oscil-

1. M. Chenot, *Comptes rendus*, 192 (1931), p. 38 et 673.

lation des électrons est beaucoup supérieure à celle des centres positifs ; on peut donc admettre que, sous l'action d'un champ de haute fréquence, les électrons seuls oscillent. Nous supposerons d'abord des oscillations d'assez faible amplitude pour qu'elles ne produisent pas une ionisation supplémentaire et ne changent pas le nombre total des électrons préexistants. La perturbation périodique que l'on crée dans le gaz modifie seulement leur répartition.

Soient u l'élongation à l'instant t d'un électron de masse m et de charge e dans une tranche d'épaisseur dx, N le nombre d'électrons par centimètre cube. De cette tranche, sont sortis par une face sNu électrons ; il en est entré par l'autre $sN\,(u + \partial u/\partial x\, dx)$. La charge positive n'ayant pas varié, la densité électrique cubique est : $\rho = Ne\,\partial u/\partial x$.

La charge $\rho\, s\, dx$ de cette tranche est sollicitée par une force égale à la différence des actions qu'exercent sur elle les charges des deux parties du tube qui la comprennent. Si le diamètre de ce tube est petit, les charges éloignées ont une action négligeable vis-à-vis de celles qu'exercent les charges immédiatement voisines.

Ces dernières créent un champ de force proportionnel à la différence de densité cubique de part et d'autre de la tranche considérée, c'est-à-dire proportionnelle au gradient $\partial \rho/dx$ de cette densité.

La force agissant sur la charge $Ne\, s\, d\, x$ est donc :

$$a^2\, N e s\, dx \frac{\partial \rho}{\partial x}, \quad \text{ou :} \quad a^2\, N^2 e^2 s\, dx \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

L'équation du mouvement des électrons dans la tranche d'abscisse x est, en divisant les deux membres par $s dx$:

$$N m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2\, N^2\, e^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

Elle exprime une propagation des oscillations électroniques avec la vitesse

$$V = a e \sqrt{\frac{N}{m}}.$$

On trouve donc une propagation lorsque le diamètre du tube est assez petit pour que l'on puisse admettre que l'état d'une tranche du tube ne dépend que de l'état des tranches voisines.

Le coefficient a a les dimensions d'une longueur ; c'est une fonction du diamètre d du tube qui s'annule avec ce diamètre ; d étant petit, on peut poser :

$$a = kd$$

et

$$V = ked\sqrt{\frac{N}{m}}.$$

La vitesse de propagation est proportionnelle au diamètre du tube et à la racine carrée du nombre d'électrons par centimètre cube.

Ce résultat suppose qu'une ionisation constante est entretenue le long du tube, par exemple en y provoquant une décharge de fréquence très basse.

Ce ne sont pas les conditions des expériences de Mlle Chenot, pour lesquelles les perturbations qui se propagent entretiennent elles-mêmes l'ionisation. Toutefois, ces expériences étant faites à très basse pression, la diffusion crée une répartition des centres électrisés qui varie très lentement avec l'abscisse et à laquelle se superposent les oscillations électroniques de fréquence élevée dont on observe la propagation.

Il n'est pas nécessaire, pour expliquer une propagation, de faire intervenir les ions positifs.

Les découvertes électriques de Joseph Henry (Osborne et Dowling, *Bell system technical journal*, juillet 1932) (extraits, traduits par J.-B. Pomey). — 1. *Construction des électro-aimants (1829 et 1830).* — Henry employa du fil isolé pour les enroulements disposés sur les électro-aimants, à la place d'une simple spirale de fil non isolé comme auparavant, et il constitua des enroulements à plusieurs couches. Il put ainsi accroître considérablement la force des électro-aimants et en rendre l'emploi pratique. Ce mode de construction est, à l'heure actuelle, universel. On avait bien employé auparavant du fil isolé, mais pour d'autres usages, pour les bobines de galvanomètre en particulier, mais non pour les aimants.

2. *Dimensionnement de l'electro-aimant et de la pile pour le maximum d'effet (1830).* — Henry fit ressortir que les bobines d'électro-aimants construites suivant sa méthode pouvaient être cons-

tituées soit par une grande longueur d'un fil unique, soit par plusieurs fils de faible longueur. Il montra qu'il convenait d'établir un certain rapport entre l'électro-aimant et la pile, pour avoir le maximum d'effet dans l'un ou l'autre cas, et il fit ressortir que l'électro-aimant et la pile d'*intensité* convenaient pour travailler sur les lignes longues très résistantes, tandis que l'agencement de *quantité* convenait aux circuits locaux. C'est un résultat auquel il parvint expérimentalement, avant qu'on n'eût connaissance des lois d'Ohm, et c'est la première fois que l'on reconnut la nécessité d'ajuster entre elles les impédances des diverses parties d'un circuit électrique, exigence quantitative, qui a pris tant d'importance pour le calcul des circuits électriques de toute forme, en particulier pour les télécommunications.

3. *Moteur électromagnétique (1831).* — Henry fut le premier qui publiât une description d'un moteur électrique comprenant des électro-aimants et un commutateur. Ce moteur était du type alternant et il était bien différent dans sa forme de tous les moteurs industriels perfectionnés plus tard. Et cependant il apporta comme part contributive ces deux éléments fondamentaux, électro-aimant et commutateur, dont la valeur persiste toujours ; de plus, il servit à exciter l'intérêt et à stimuler les travaux relatifs au problème qui consiste à obtenir de la puissance mécanique avec de l'électricité.

On s'est demandé si Henry ne fut pas primé par Salvatore dal Negro, de Padoue, qui fit un moteur semblable vers la même époque. Quoique l'enquête sur ce point soit délicate et question d'appréciation, il semble que Henry soit le premier à avoir publié son invention. Il est probable que dal Negro a fait son travail sans connaître celui de Henry, mais il n'y a pas de preuve indiquant qu'il eût construit son moteur avant que Henry n'eût fait le sien.

4. *Télégraphie (1831 et 1832)* — Appliquant son principe d'adaptation entre eux des éléments : enroulement, pile et circuit extérieur, Henry construisit le premier télégraphe avec électro-aimant comme récepteur. L'idée d'employer le courant galvanique pour télégraphier à distance avait fait auparavant l'objet des essais de Barlow, et plus tard la commande des électro-aimants à distance par transmission d'un courant sur un fil de ligne fut étudiée par Wheatstone sans que celui-ci eût connaissance de l'œuvre de Henry, antérieure de cinq

années. Mais, dans les deux cas, le projet fut rejeté comme impraticable ; ce qui manquait, c'était de tenir un juste compte du principe d'ajustement des diverses parties entre elles.

Le télégraphe de Henry comprenait une pile d'*intensité*, un fil de ligne de plus d'un mille de long et un récepteur consistant en un électro-aimant à armature polarisée arrangée pour frapper un timbre à chaque émission formée par un renversement du sens du courant. L'emploi d'un électro-aimant rendait possible une signalisation rapide, et c'est la base de tous les perfectionnements ultérieurs dans l'industrie du télégraphe. Ce fut ainsi le premier exemple de réception au son, procédé qui a joué un rôle si important, en particulier dans la pratique américaine.

Dans les dernières expériences télégraphiques de Henry, il employa un circuit mis à la terre. Cette mise à la terre a joué un rôle très important dans le développement du télégraphe. Des circuits à la terre avaient cependant été déjà employés avant Henry pour des télégraphes électriques de systèmes différents. En 1850, dans un brevet Morse, on revendique pour Abraham Bloch de Dublin d'avoir, en 1830, fait la démonstration d'un semblable télégraphe électrique. Des recherches dans les publications contemporaines de quelque importance ne révèlent cependant aucune trace de preuve à l'appui de cette revendication.

5. *Induction électromagnétique (1832).* — Faraday et Henry, indépendamment l'un de l'autre, découvrirent les phénomènes d'induction et de self-induction. Si l'on se base sur la date de publication, la découverte de l'induction mutuelle est au crédit de Faraday (1831, publiée en 1832) et la découverte de la self-induction au crédit de Henry (1832). La question a été tranchée par l'adoption officielle, au congrès international des électriciens de 1893, du nom de Henry pour l'unité pratique d'inductance.

Il est intéressant de noter qu'en 1804 Vassali-Eandi observa que la secousse ressentie en ouvrant un long circuit est plus grande que celle qu'on reçoit en touchant les deux bornes de la pile. Quoique le fait soit dû à la self-inductance d'un circuit, cette observation ne constitue pas une antériorité sur Henry, pour la raison qu'aucune pensée d'induction, ni self ni mutuelle, n'était dans l'esprit de l'ex-

périmentateur. De même, au cours de ses recherches sur l'induction mutuelle en 1831, Faraday conçut bien que les conducteurs pourraient avoir une propriété de self-inductance, et il fit des expériences pour mettre en évidence cette propriété ; mais ses expériences eurent un résultat négatif.

6. *Relais électromagnétique (1835).* — Henry a découvert le premier et réalisé le principe du relais électromagnétique. Ce relais, employé par lui à l'extrémité de sa ligne télégraphique, servait à ouvrir le circuit local d'un gros électro-aimant ; il montrait la possibilité de produire à distance de grands effets mécaniques. Cette invention est, naturellement, fondamentale pour l'exploitation des systèmes électriques de toute espèce : téléphone, télégraphe, distribution d'énergie électrique.

7. *Enroulements non-inductifs (1835).* — Henry et Faraday imaginèrent tous deux des enroulements non-inductifs au cours de leurs expériences sur la self-induction. La publication de Henry est cependant légèrement antérieure à celle de Faraday. Les enroulements sans self, tels qu'ils sont décrits, sont essentiellement les mêmes, en principe, que ceux de nos bobines de résistance et des autres appareils où la self-inductance est réduite au minimum.

Il est intéressant de noter qu'avant la découverte de la self-induction Faraday construisit, pour les besoins de certaines de ses expériences sur l'induction mutuelle, un appareil étroitement parallèle à l'enroulement non-inductif, à savoir deux enroulements secondaires associés, réunis en série, mais mis en opposition.

8. *Transformateur (1838).* — Tandis que Faraday et Henry employaient, dans leurs premières expériences sur l'induction mutuelle, l'agencement qui constitue un véritable transformateur, ce fut seulement plus tard (1838, publié en 1839) que fut découverte par Henry cette propriété qu'en calculant convenablement les proportions des bobines la tension pouvait être relevée ou abaissée. C'est la base fondamentale des transformateurs électriques modernes.

9. *Ecran électromagnétique (1838).* — Henry découvrit l'effet d'écran de toute substance bonne conductrice interposée entre les deux bobines, c'est-à-dire entre le primaire et le secondaire d'un transformateur. Après la publication de ce résultat, Henry apprit

les résultats de Faraday, publiés à peu près à la même époque, où Faraday soutenait cette thèse que l'effet d'écran n'existe que pour des matériaux magnétiques. Henry, à ce sujet, expliqua les raisons de détail de leur apparent désaccord et confirma ses propres résultats.

Il fit aussi ressortir que ce principe avait une grande portée pour les améliorations futures de toutes les machines électriques, et il expliqua la supériorité des fils de fer en faisceaux sur les pièces de fer solides ou en lames.

10. *Découvertes ayant trait particulièrement à la radiotélégraphie et la radiotéléphonie (1838 à 1842).* — Henry (1838, publié en 1839) montra comment varie le courant induit dans un circuit secondaire quand on fait varier la distance entre le primaire et le secondaire. C'est le principe du *variomètre*, d'emploi si répandu en radiotélégraphie.

Henry fit alors des essais (1842) à des distances considérables, produisant des oscillations de haute fréquence dans le circuit primaire par la décharge d'une batterie de bouteilles de Leyde et détectant l'effet produit sur le circuit secondaire à des distances d'abord de 30 pieds et ensuite de plusieurs centaines de pieds. Il conclut que chaque étincelle d'électricité en mouvement exerce des effets inductifs à des distances indéfiniment grandes et il rattacha la propagation de cet effet à celle de la lumière ; il supposa qu'elle n'était qu'un autre genre d'ondes du même milieu. C'est un fait extraordinaire que, dans ces expériences, Henry avait ce que l'on considérerait actuellement comme une forme de transmetteur et de récepteur radioélectriques et qu'il avait cru que les effets produits étaient ceux d'une radiation électromagnétique comparable à la lumière. Cela se passait vingt-cinq ans avant les travaux de Maxwell et plus de quarante ans avant celui de Hertz.

Henry est quelquefois crédité de la découverte du caractère oscillatoire de la décharge de la bouteille de Leyde (1842). Félix Savary cependant, dès 1827, avait émis l'hypothèse que cette décharge est oscillatoire pour expliquer ses résultats expérimentaux. Henry répéta les expériences de Savary, et le résultat de son affirmation autorisée que l'hypothèse de Savary était correcte, fut qu'on l'admit généralement.

INFORMATIONS.

Inauguration de la première ligne de transmission d'énergie à 220.000 volts. — Le 21 novembre 1932, a eu lieu, en présence du sous-secrétaire d'Etat aux Travaux publics, l'inauguration officielle des installations de transmission d'énergie à 220.000 volts qui assurent la liaison entre certaines usines hydrauliques du Massif central (Eguzon, Coindre et tout récemment Brommat) et les usines thermiques de la région parisienne, grâce à une ligne de 422 kilomètres de long.

L'inauguration a eu lieu au poste de Chevilly-Larue, dans lequel aboutissent, d'une part, la ligne à 220.000 volts, et, d'autre part, le réseau souterrain à 60.000 volts qui réunit les différentes usines de la région parisienne.

La puissance installée au poste de Chevilly est de 150.000 kilowatts, en deux groupes de transformateurs de trois unités monophasées chacun, à trois enroulements prévus pour les tensions de 220.000, 60.000 et 11.000 volts respectivement. La régulation de la tension est assurée par deux compensateurs synchrones de 45.000 kilovolts-ampères chacun, alimentés par l'enroulement à 11.000 volts des transformateurs principaux.

Il convient d'observer que cette liaison existe déjà depuis un certain nombre d'années. Elle était assurée à l'origine par les lignes à 90.000 volts de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, puis par une ligne à 150.000 volts. C'est cette ligne, prolongée et convenablement modifiée pour pouvoir fonctionner à la tension de 220.000 volts, qui assure cet échange sous sa forme définitive. Elle sera d'ailleurs doublée par une autre ligne fonctionnant à la même tension, dont la construction est commencée, et qui portera la capacité de transport de l'ensemble à 200.000 kilowatts. (*Circulaire* de l'Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique.)

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

744.056. Disposition de couplage pour installations de transmission télégraphique avec émission de signal de clôture des deux côtés (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

744.603. Procédé d'établissement de joints de conducteurs dans des câbles marins à isolement thermo-plastique (Norddeutsche Seekabelwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

Téléphonie.

741.628. Système de signalisation secrète (J. T. Visser et E. H. B. Bartelink, Pays-Bas).

743.324. Perfectionnements aux circuits de filtres (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

743.363. Perfectionnements aux transmetteurs d'impulsions (W. Hering, Allemagne).

743.454. Dispositif de blocage du crochet mobile des appareils téléphoniques (J. Lefranc, France).

743.456. Procédé de fabrication d'un câble marin télégraphique ou téléphonique (Siemens et Halke Aktiengesellschaft, Allemagne).

743.490. Perfectionnements aux systèmes électriques de transmission à conducteurs coaxiaux (Le Matériel téléphonique, France).

743.613. Appareil sélecteur d'appels par impulsions successives (Société Arturo Perego, Italie).

743.971. Perfectionnements apportés aux installations de téléphonie automatique (P.-J.-R. Jutier, France).

744.044. Mode de connexions et de couplage dans les installations téléphoniques automatiques et dans les installations semi-automatiques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

744.148. Appareil de commande électrique à distance pour circuits téléphoniques ou autres (J. Ruynat, France).

744.153. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

744.352. Perfectionnements aux commutateurs automatiques employés dans les systèmes téléphoniques ou similaires (Associated electric laboratories, Etats-Unis).

744.372. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

Transmission des images.

743.576. Procédé de télévision (M. von Ardenne, Allemagne).

743.653. Perfectionnements aux appareils de télévision ou similaires (R. Lyon et A. T. Stoyanowsky, France).

743.655. Perfectionnements à la télévision et autres systèmes analogues (R. Lyon et A. T. Stoyanowsky, France).

743.658. Perfectionnements relatifs aux méthodes de synchronisation dans les systèmes de télévision et similaires (R. Lyon et A. T. Stoyanowsky, France).

743.694. Procédé et système de réception de télévision (Radio corporation of America, Etats-Unis).

744.308. Procédé et dispositif pour la reproduction d'images, photographies, dessins et autres documents transmis à distance et postes récepteurs comportant application de ce dispositif (C.-L.-E. Brulin, France).

744.606. Appareil cinématographique combiné de prise de vues et d'émission de télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

Radiocommunications.

743.379. Perfectionnements aux récepteurs radiophoniques (The Plessey company, Angleterre).

743.385. Echelle de stations avec indicateurs d'étalonnage pour appareil récepteur de radiocommunications (Firma Aronwerke Electrizitâts Aktiengesellschaft, Allemagne).

743.453. Procédé d'isolement des plaques-armatures perforées des appareils de T.S.F. (R. Ferry, France).

743.623. Perfectionnements aux tubes électroniques à deux grilles (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

743.684. Perfectionnements aux amplificateurs électriques à grande puissance (P. H. Taylor et E. Lavington, Angleterre).

743.846. Système de montage de selfs (R. Guy, France).

743.903. Ligne d'énergie ou de puissance pour antennes et dispositifs analogues (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

744.002. Perfectionnements aux systèmes pour la transmission d'ondes électriques (Le Matériel téléphonique, France).

744.097. Perfectionnements apportés aux oscillateurs piézoélectriques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

744.411. Cage de Farady pour postes de T.S.F. (J. Visseaux et A.-L.-C. Le Menestrel, France).

744.421. Garniture de cheminées « radiotélégraphique » (R. Borderie, France).

744.422. Perfectionnements aux aériens directifs (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre).

744.461. Procédé pour la fabrication de noyaux d'aimants sans pertes, pour champs à variations rapides, en particulier pour fréquences de radiophonie (H. Vogt, Allemagne).

41.749. Installation pour l'émission et la réception dirigées au moyen de plusieurs oscillateurs (Société dite : Electroacustic, g.m.b.h., Allemagne) (3e addition au brevet n° 668.580).

41.827. Perfectionnements dans les haut-parleurs électrostatiques (H. Vogt, Allemagne) (1re addition au brevet n° 718.092).

41.850. Perfectionnements apportés aux tubes à décharge et à leur application (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (1re addition au brevet n° 677.751).

Divers.

744.324. Appareil enregistreur à indications discontinues (Société dite : Picaradio, France).

BIBLIOGRAPHIE.

Machines et appareils électriques, par A. Curchod, directeur technique de la Revue générale de l'électricité, professeur à l'École d'électricité et de mécanique industrielles, avec la collaboration de M. Bayard, R. Blom, A. Bronstein, M. Courtin, J. Jacob, A. Laborde, P. Mercy, P. Pélissier, G. Pocholle, M. Roseau, L. Vellard. Paris, Dunod, 1932. 1 vol. in-8° de 502 pages, avec 399 figures. — Prix : 96f.

Ce volume constitue le tome II du *Mémento d'électrotechnique* de M. Curchod. Les machines et appareils électriques qui en font l'objet sont les machines électromagnétiques, génératrices et moteurs à courant alternatif et à courant continu, les transformateurs statiques, commutatrices et convertisseurs rotatifs, puis les tubes et ampoules à gaz raréfiés ou à vide, à deux ou plus de deux électrodes, les redresseurs statiques de diverses catégories et enfin les appareils de commande, de réglage et de protection.

L'auteur étudie les propriétés caractéristiques de ces diverses machines, sans envisager leurs combinaisons possibles dans une installation de production ou de distribution d'énergie électrique ; le but qu'il se propose est de permettre la solution immédiate de problèmes tels que les suivants : Quel parti peut-on tirer de telle machine ou de tel appareil ? Inversement, les conditions d'emploi étant déterminées, étudier, au moins en première approximation, un projet de machine ou d'appareil.

Cet ouvrage, inspiré des travaux les plus récents relatifs à la construction des machines, des tubes à vide et à gaz raréfiés, à leurs essais et à leur utilisation optimum, fixe les idées sur l'état actuel

de ces diverses techniques et doit être d'une grande utilité à tous ceux qui jouent un rôle actif dans la technique de l'électricité ou qui s'y préparent.

H. S.

Données numériques de radioélectricité, par R. Mesny (extraites des *Tables annuelles de constantes et données numériques*, volume VIII). Paris, Gauthier-Villars, 1932. 1 br. in-4° de 15 pages.

Recueil de données numériques relatives principalement aux quartz piézo-électriques, aux mesures de rayonnement, à la couche de Heaviside et à la propagation des ondes. Ces données sont extraites de revues techniques de 1927 et 1928. A. L.

L'univers électromagnétique par une nouvelle loi de la gravitation, par Max Franck. Paris, Gauthier-Villars, 1932. 1 vol. pet. in-8° de 126 pages. — Prix : 15f.

Exposé d'une théorie toute personnelle de l'électromagnétisme et de la gravitation. Le livre porte en épigraphe : « Seule a un sens physique une théorie objectivement représentable », et le reste de de l'ouvrage ne m'a paru ni plus clair ni plus convaincant.

P. L. C.

Barrages conjugués et installations de pompage, par Georges Laporte. Paris, Gauthier-Villars, 1932. 1 vol. in-8° xii + 144 pages, avec 20 figures. — Prix : 35f.

Ce volume fait suite à un ouvrage précédent du même auteur : *Barrages conjugués et bassins de compensation.* Il s'agit ici d'étudier dans quelles limites il est économique de prélever, pendant la nuit, de l'eau dans le bassin de compensation d'une usine hydraulique pour constituer une réserve qui permettra de passer ensuite les heures de pointe. On a ainsi un moyen de « valoriser l'énergie de nuit » (expression admirable). L'auteur montre qu'il est possible de calculer le système de deux barrages conjugués et d'une station de pom-

page de manière à n'apporter aucun trouble au régime de la rivière. Les exemples traités sont empruntés à la pratique et la méthode très rationnelle employée par l'auteur est en elle-même très intéressante, même pour un non-spécialiste des questions d'hydraulique.

P. L. C.

Le Gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ — 28-6-33.

LES MESURES RADIO-ÉLECTRIQUES AU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIO-ÉLECTRICITÉ.

(Suite) [1]

III

MESURES DE FRÉQUENCE. [2]

Considérations générales. — Les mesures de fréquence effectuées par le Laboratoire national portent sur les diverses catégories suivantes :

1) *Oscillateurs étalons* : diapasons entretenus, quartz ou tourmalines piézoélectriques ; ces oscillateurs ne fournissent qu'une fréquence fixe ; elle doit généralement être déterminée avec une grande précision.

2) *Résonateurs* : Les quartz ou tourmalines résonateurs indiquent, soit par une absorption de courant, soit par une luminescence, que le courant qui les excite possède une fréquence déterminée ; pour les fréquences musicales, on emploie des lames vibrantes métalliques.

3) *Fréquencemètres* (ou ondemètres) : Ces appareils permettent de mesurer une fréquence quelconque dans une bande continue ; ils peuvent être oscillateurs (ce sont alors les *fréquencemètres-hétérodynes*), ou bien un *circuit résonant* attaquant un indicateur de courant ou de tension (lampe détectrice, tube à néon, galène, tikker et casque, etc...) ; dans certains cas ,la résonance est seulement indiquée par l'*absorption* de courant ; enfin, pour les fréquences musicales, ce sont généralement des *ponts* ; la pré-

1. Voyez *Annales des P.T.T.*, n° 7, 1933.
2. Note présentée par M. Decaux, ingénieur.

cision est très variable : elle ne dépasse guère 1/10.000 pour le appareils les plus perfectionnés actuels.

4) *Emissions* : Le Laboratoire national peut mesurer la fréquence d'une émission quelconque, à condition que sa réception ne soit pas trop faible ; la précision possible est réduite lorsque l'émission est surmodulée ou manipulée rapidement ; indépendamment de la mesure proprement dite, on effectue souvent une vérification de stabilité, soit dans le temps, soit sous l'influence de diverses causes de variation ; d'une manière générale, la précision des installations du Laboratoire national peut atteindre et même dépasser 1/1.000.000, depuis quelques périodes par seconde jusqu'à environ 50.000.000 p : s ; la précision diminue assez vite quand la fréquence augmente au-delà de cette limite ; la précision définitive des mesures dépend naturellement des caractéristiques de l'appareil ou de l'émission à étudier ; les mesures effectuées hors du laboratoire au moyen d'étalons portatifs ont une précision un peu inférieure à celle que fournissent les installations fixes.

Historique. — Jusqu'en 1929 le Laboratoire national, continuant les travaux entrepris par la Radiotélégraphie militaire, employait pour l'étalonnage des ondemètres les méthodes mises au point pendant la guerre. L'étalon de fréquence était représenté par un diapason libre en acier ordinaire de 1024 p : s, dont la fréquence était vérifiée de temps en temps à l'observatoire de Paris par des méthodes assez complexes. Sur ce diapason, on réglait à l'oreille un multivibrateur d'Abraham et Bloch, fournissant des harmoniques jusqu'à environ 200.000 p : s. Au-delà de cette fréquence, les harmoniques d'une hétérodyne, réglée elle-même sur une harmonique du multivibrateur, permettaient d'étendre la gamme, de proche en proche, jusqu'aux ondes courtes. L'instabilité des oscillateurs et diverses autres causes de variation maintenaient la précision à 1/10.000 environ pour les très bonnes déterminations. Les mesures sur ondes courtes, effectuées par harmoniques d'hétérodynes successives, n'atteignaient certainement pas une précision 10 fois moindre.

Les étalons secondaires, utilisés pratiquement pour les étalonnages courants, étaient représentés par une série de contrôleurs, du type Armagnat, à méthode de zéro. Dans leurs meilleures conditions, ces appareils fournissent une précision de l'ordre de 1/1000, de 100m à 26.000m. Ils étaient d'ailleurs encore en service tout récemment, leur simplicité de manœuvre en faisant des étalons très pratiques. Pour les ondes courtes, nous disposions d'une série de circuits d'absorption à gamme unique, dont la précision ne dépassait guère 5/1000.

En 1929, entra en service une installation entièrement nouvelle, constituant un fréquencemètre étalon absolu, basé sur un diapason en élinvar entretenu électriquement. Par amplification, ses harmoniques synchronisaient en cascade deux oscillateurs. Pour étalonner le diapason, on démultipliait sa fréquence au moyen d'un oscillateur à néon synchronisé, dont le courant, amplifié, entraînait une roue phonique. On enregistrait sur une même bande les tours de la roue et les tops d'un chronomètre réglé sur les signaux horaires de la tour Eiffel. Pour les fréquences élevées, l'oscillateur étalon était un piézo-oscillateur modulé par un oscillateur de haute fréquence. Un ensemble de récepteurs complétait cette installation.

La précision se trouva ainsi décuplée pour les mesures absolues, et l'ensemble put servir lors des comparaisons par transport d'un quartz du Bureau of standards, en octobre 1929. Mais les mesures courantes ne reçurent guère de perfectionnements, les appareils existant à l'époque n'étant pas plus précis.

Organisation actuelle. — Le service des mesures de fréquence comprend trois laboratoires principaux : une salle d'étalons et de mesures absolues, renfermant le fréquencemètre étalon absolu et les récepteurs ; une salle de pendules, où s'effectue la comparaison des horloges synchrones aux pendules directrices de l'Observatoire ; une salle d'étalonnage de fréquencemètres courants, utilisant les étalons secondaires.

Mesures absolues (fig. 14). — Le fréquencemètre étalon absolu français installé au Laboratoire national de radioélectricité

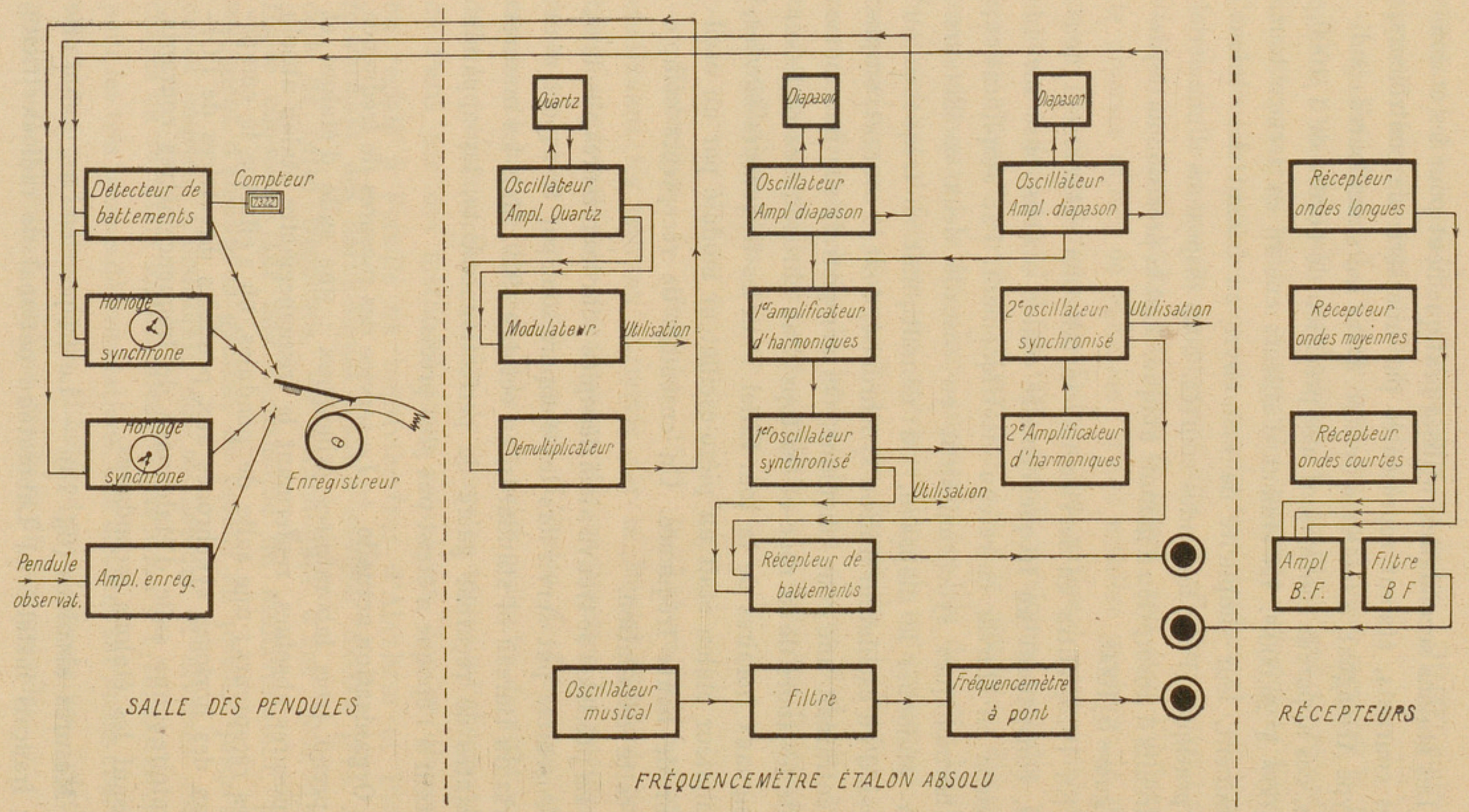


Fig. 14. — Schéma général de l'installation de mesures absolues du L.N.R.

est constitué par plusieurs oscillateurs étalons comparés aux pendules directrices de l'Observatoire de Paris, et dont les harmoniques servent aux étalonnages. Des organes d'interpolation permettent de déterminer, par rapport à ces harmoniques, n'importe quelle fréquence. Un ensemble de récepteurs sert à la mesure à distance des émetteurs.

Oscillateurs étalons. — Le Laboratoire dispose d'oscillateurs étalons variés. Il possède deux diapasons et un quartz, en marche continue simultanément ; mais d'autres unités peuvent être substituées rapidement à celles-ci, soit pour changer la fréquence de base, soit pour remplacer un organe défectueux.

Les quatre diapasons étalons (fig. 15) sont en élinvar ; leurs

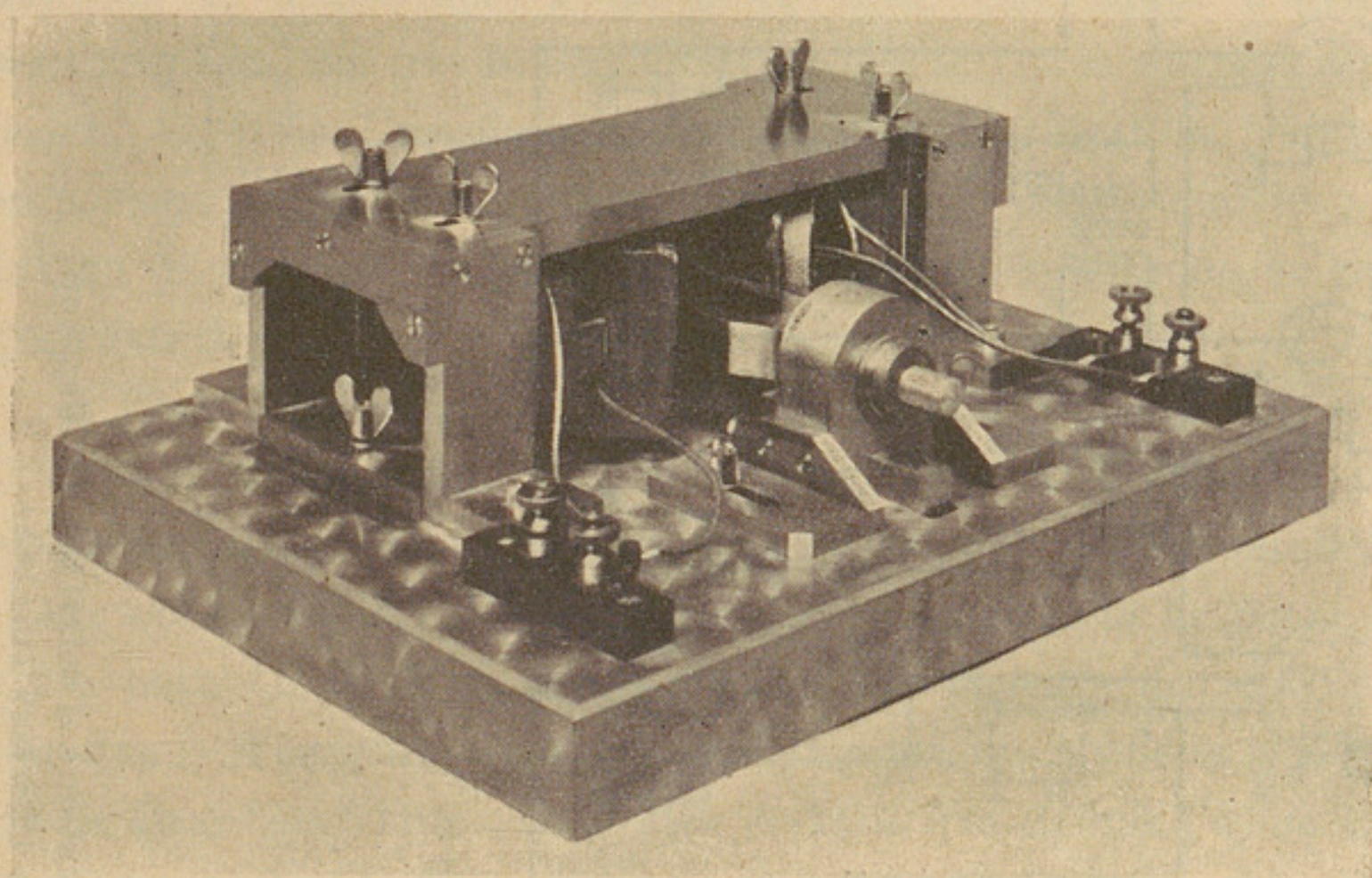


Fig. 15. — Diapason étalon avec dispositif d'entretien.

fréquences sont voisines de 1000 et de 1024 p : s, avec une variation en fonction de la température de l'ordre de 6.10^{-6} par degré. Ils sont montés horizontalement sur des socles lourds et rigides, supportés par une matière insonore à l'intérieur d'un coffret métallique. Les deux diapasons en marche continue sont maintenus à température constante ; pour cela, le coffret métallique est contenu dans une autre boîte métallique avec interposition de

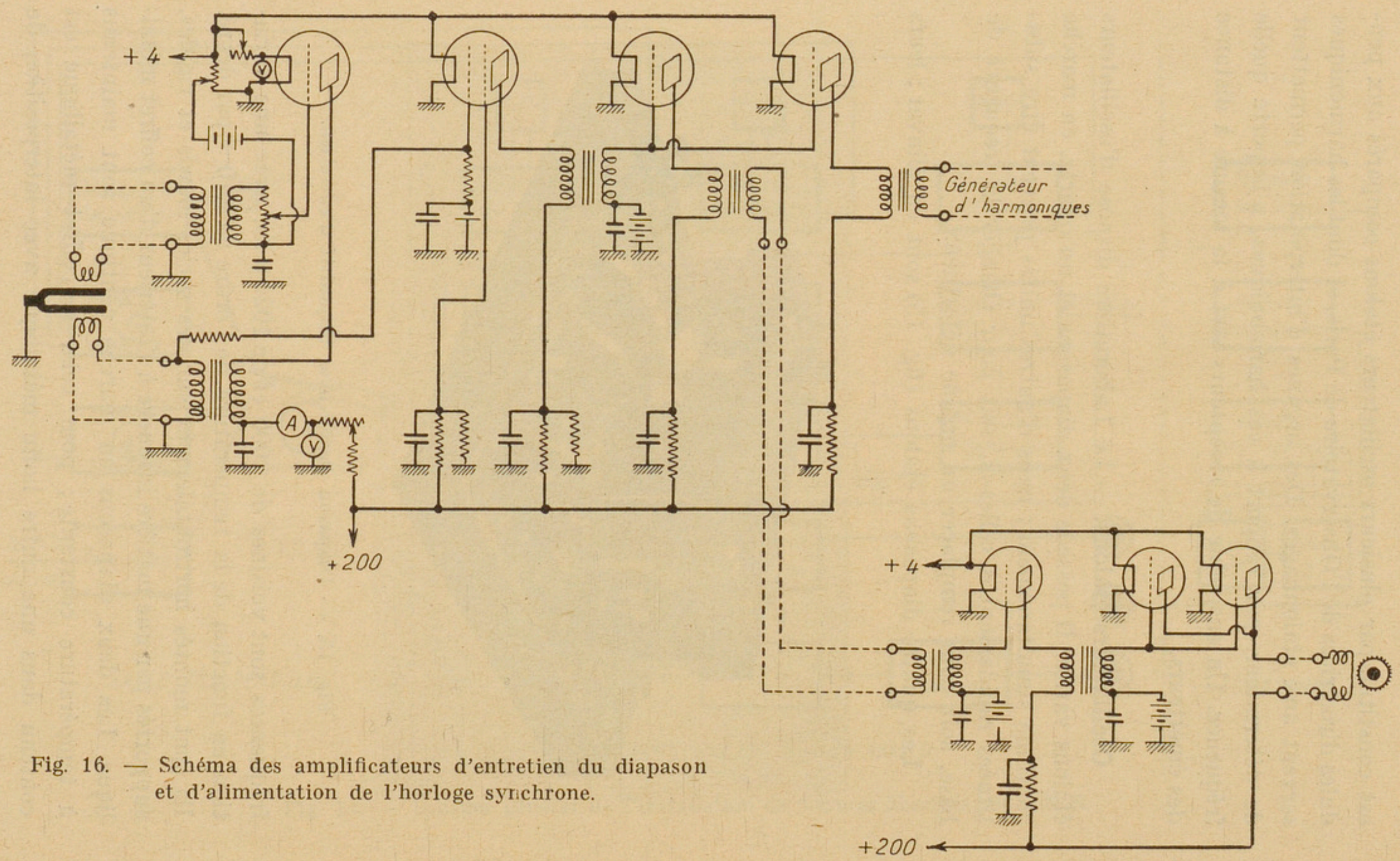


Fig. 16. — Schéma des amplificateurs d'entretien du diapason et d'alimentation de l'horloge synchrone.

couches d'amiante ; cette seconde enceinte est tapissée extérieurement de toiles chauffantes ; entre les toiles et la paroi métallique, se trouve un thermomètre à mercure à contact, qui commande le courant chauffant par l'intermédiaire d'un relais thermoionique ; l'ensemble est contenu dans un coffre de bois à double paroi avec couches d'isolant thermique. Tout l'appareil est alimenté en courant alternatif brut. Nous étudions également le maintien du diapason à pression constante.

Les bobinages d'entretien (fig. 16) sont montés sur des pôles en tôles minces spéciales fixés sur un aimant droit au cobalt. L'oscillateur ne comporte qu'un seul triode, à faible résistance interne. Deux transformateurs relient les bobinages d'entretien à l'appareil, supprimant la composante continue du courant et adaptant les impédances à celles du tube. Une lampe à grille-écran amplifie une très faible tension prélevée sur le courant d'entretien, et isole l'oscillateur des circuits d'utilisation. Ceux-ci comportent plusieurs tubes amplificateurs, qui distribuent le courant au générateur d'harmoniques, à l'horloge synchrone ou aux lignes extérieures.

A l'heure actuelle, l'étalon piézoélectrique comporte un cristal en demi-cube, à faible coefficient de température (3.10^{-6} par degré). Les arêtes des faces regardant les électrodes sont parallèles à l'axe optique et à l'axe électrique ; l'épaisseur et la longueur de l'arête parallèle à l'axe électrique ont été choisies de telle manière que la fréquence des oscillations longitudinales dans la direction de l'axe électrique soit double de celle que définit l'épaisseur. Les deux modes de vibration ayant des coefficients de température de signe contraire, on obtient une courbe de variation de la fréquence avec la température présentant un véritable palier dans le domaine de température choisi (aux environs de 50°), pour une fréquence d'environ 162.000 p : s. Ce cristal a été réalisé aux laboratoires du Matériel téléphonique par MM. Tournier et Bruzeau.

Un thermomètre à contact commande, par un jeu de deux relais, le système chauffant. Le cristal est branché (fig. 17) entre grille et filament d'un triode à grande pente, le circuit oscillant de plaque étant couplé à un amplificateur à résonance destiné à

éviter les réactions des circuits d'utilisation. La sortie de cet amplificateur attaque le démultiplicateur de fréquence, le modulateur synchrone et des lignes à haute fréquence extérieures.

Le Laboratoire fait actuellement tailler un quartz en forme d'anneau perpendiculaire à l'axe électrique. Les vibrations seront radiales, grâce à un système de douze électrodes indiqué par D. W. Dye. Ce cristal, maintenu à température et pression constantes, aura une fréquence de 50.000 p : s. D'autres cristaux, en forme de barreau, sont également en cours d'étude.

Parmi les problèmes que soulève la réalisation de ces oscillateurs à marche continue, figure au premier plan l'alimentation

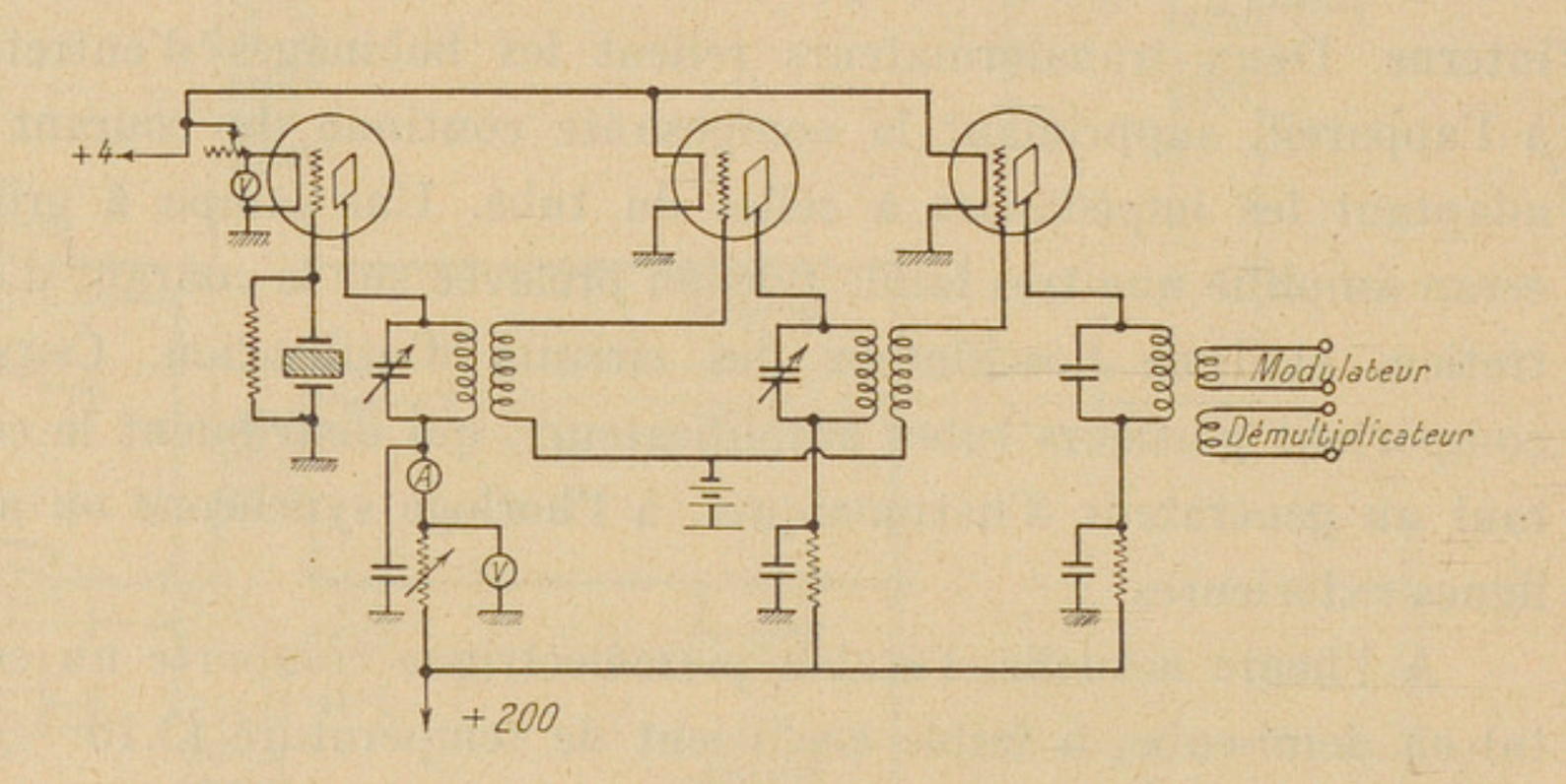


Fig. 17. — Schéma de l'oscillateur piézo électrique.

des lampes. Il ne faut pas songer à employer brutalement le courant du secteur redressé, étant donné les irrégularités et les arrêts. Nous utilisons actuellement, comparativement, deux méthodes : courant redressé avec régulateurs de tension et batteries tampons ; batteries libres en double jeu, rechargées par échange périodique automatique. L'expérience indiquera la solution à adopter définitivement ; il semble que ce soit la première.

Toutes les précautions de contrôle ont été prises ; chaque appareil porte les appareils de mesure et les rhéostats permettant de ramener à des conditions identiques l'alimentation des amplificateurs et l'amplitude des vibrateurs. Des lampes témoins indiquent le fonctionnement des appareils et des thermostats ; de plus, les courants des thermostats et celui du secteur s'inscrivent sur

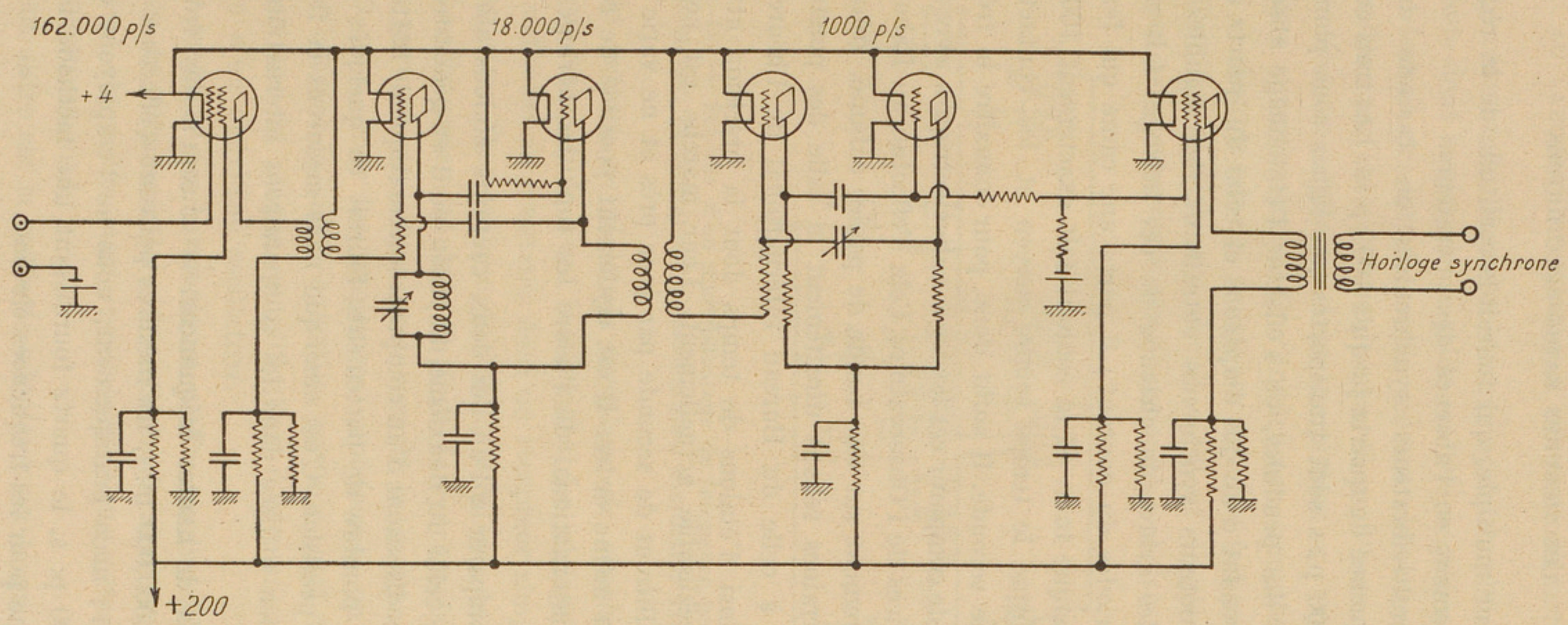


Fig. 18. — Schéma du démultiplicateur de fréquence du quartz.

nn enregistreur multiple, qui fournit la certitude de la régularité de fonctionnement en l'absence des opérateurs.

Deux multivibrateurs synchronisés en cascade démultiplient la fréquence du quartz jusqu'à 1000 p : s. Les trois courants étalons à 1000 p : s sont transportés par lignes sous plomb jusqu'à la salle des pendules, où s'effectue l'étalonnage absolu. Le courant provenant d'un des diapasons et celui du quartz alimentent deux moteurs synchrones entraînant des aiguilles d'horloges. L'un des arbres de chacune de ces horloges fait un tour par 1000 périodes du courant ; il porte une came qui ferme un contact à chaque tour. Si le courant fait exactement 1000 p : s, l'horloge marque le temps solaire moyen et les contacts sont espacés d'une seconde. Il suffit donc, pour connaître la fréquence des étalons, de comparer ces horloges radioélectriques avec les pendules directrices de l'Observatoire. Cela s'effectue, au Laboratoire, par enregistrement sur une bande de papier enfumé, grâce à des lignes souterraines reliant directement la salle des pendules du Laboratoire à celle du Bureau international de l'heure. Nous disposons ainsi d'étalons de temps dont la précision atteint le maximum réalisable actuellement. Leur marche est connue à quelques millièmes de seconde par jour près et ne varie que de quantités du même ordre. Il est également possible de renvoyer au Bureau international de l'heure les tops des horloges radioélectriques.

Pour comparer à l'un des deux courants étalons alimentant les horloges, celui du deuxième diapason ou d'un générateur quelconque, nous disposons d'un compteur automatique de battements ; le relevé du nombre de battements fournit en quelques minutes une grande précision. C'est ainsi que nous mesurons la fréquence de modulation utilisée dans les comparaisons internationales.

Mesures de hautes fréquences. — Jusqu'à des fréquences d'environ 2.000.000 p : s, les mesures peuvent s'effectuer à partir du diapason ; mais pratiquement, nous ne l'employons que jusqu'à 500.000 p: s, le quartz fournissant une méthode beaucoup plus pratique pour les fréquences élevées.

Le courant du diapason attaque après amplification (fig. 19) un triode dont la tension de grille est très négative ; le circuit de plaque fournit des impulsions de courant riches en harmoniques, qui excitent par choc un circuit accordé sur l'harmonique choisie. Les oscillations obtenues sont amplifiées et transmises à un deuxième circuit accordé. Une inductance, couplée à ce dernier circuit et shuntée par une résistance réglable, fait partie du circuit de grille d'un oscillateur à circuit oscillant de plaque. L'oscillateur peut se synchroniser sur l'harmonique choisie ; la résistance

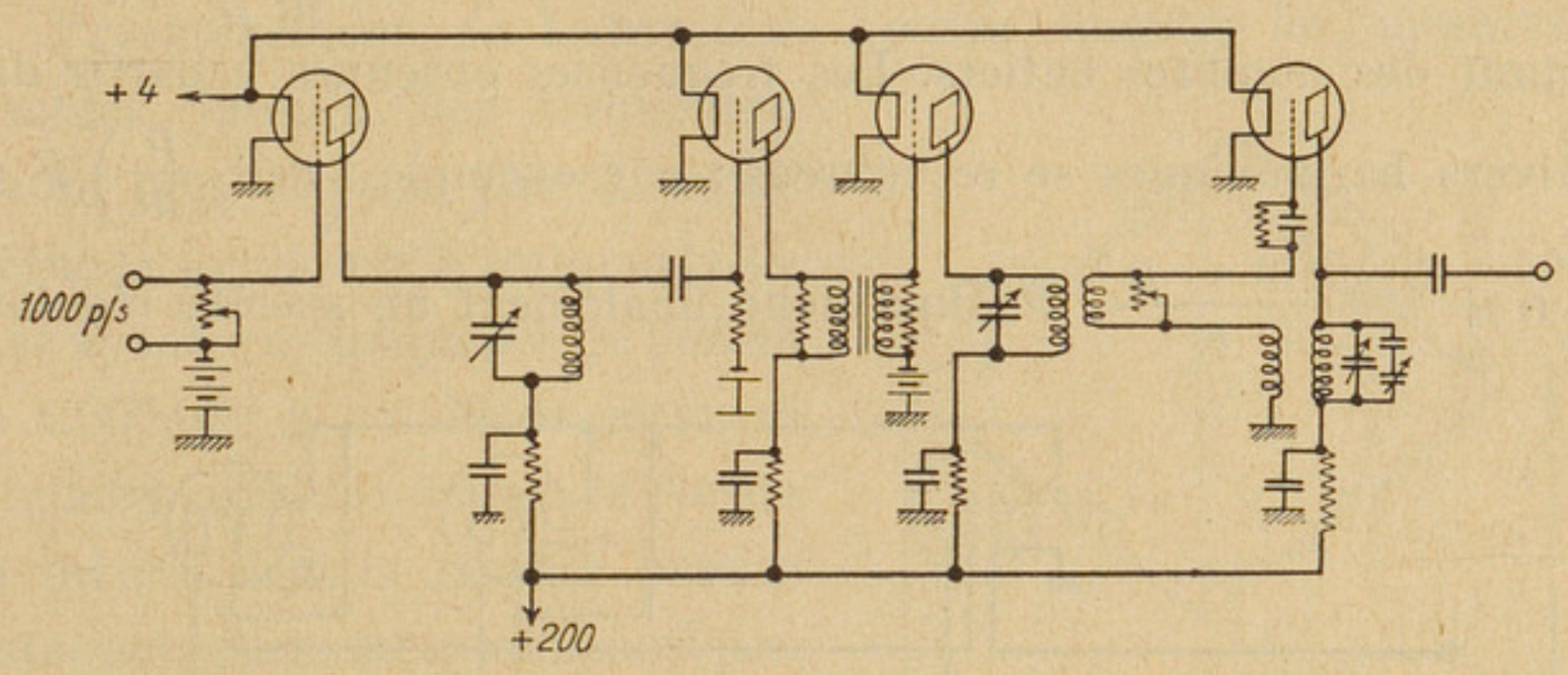


Fig. 19. — Schéma d'un multiplicateur de fréquence pour diapason (détecteur, amplificateur d'harmoniques, oscillateur synchronisé).

variable permet de régler le couplage de synchronisation au minimum compatible avec la stabilité. Le réglage du synchronisme s'effectue en écoutant, dans un récepteur simplifié, les battements entre l'harmonique et l'oscillateur ; ces battements disparaissent brusquement dans la plage de synchronisation.

Ce premier oscillateur peut couvrir la gamme de 10.000 à 100.000 p : s. Pour les fréquences supérieures, on recommence sur son courant la même opération que sur celui du diapason : détection par la plaque, amplification d'harmoniques, synchronisation d'un deuxième oscillateur.

Le repérage des harmoniques n'offre aucune difficulté, grâce à un jeu de fréquencemètres à méthode de zéro, gradués en harmoniques et reliés aux oscillateurs, eux-mêmes étalonnés approximativement.

Tout autre est la méthode adoptée pour le quartz. Les har-

moniques espacées de 160.000 p : s les unes des autres sont aisément sélectionnées sans synchronisation d'oscillateurs. Mais cet espacement même réduirait le nombre des fréquences étalons utilisables ; nous intercalons donc entre ces harmoniques entières des harmoniques « fractionnaires ». Pour cela, l'oscillateur étalon est modulé par un courant dont la fréquence est une fraction exacte de la sienne. Supposons que cette fraction soit $\frac{1}{m}$ et que le courant modulateur ait lui-même des harmoniques ; nous obtiendrons toutes les fréquences de la forme $\left(n \pm \frac{p}{m}\right) F$; p et m étant des nombres entiers. Les fréquences obtenues à partir des divers harmoniques se recouvrent ; par exemple $\left(n + \frac{p}{m}\right) F$ et $\left(n + 1 - \frac{m - p}{m}\right) F$. On a donc finalement un spectre régulier,

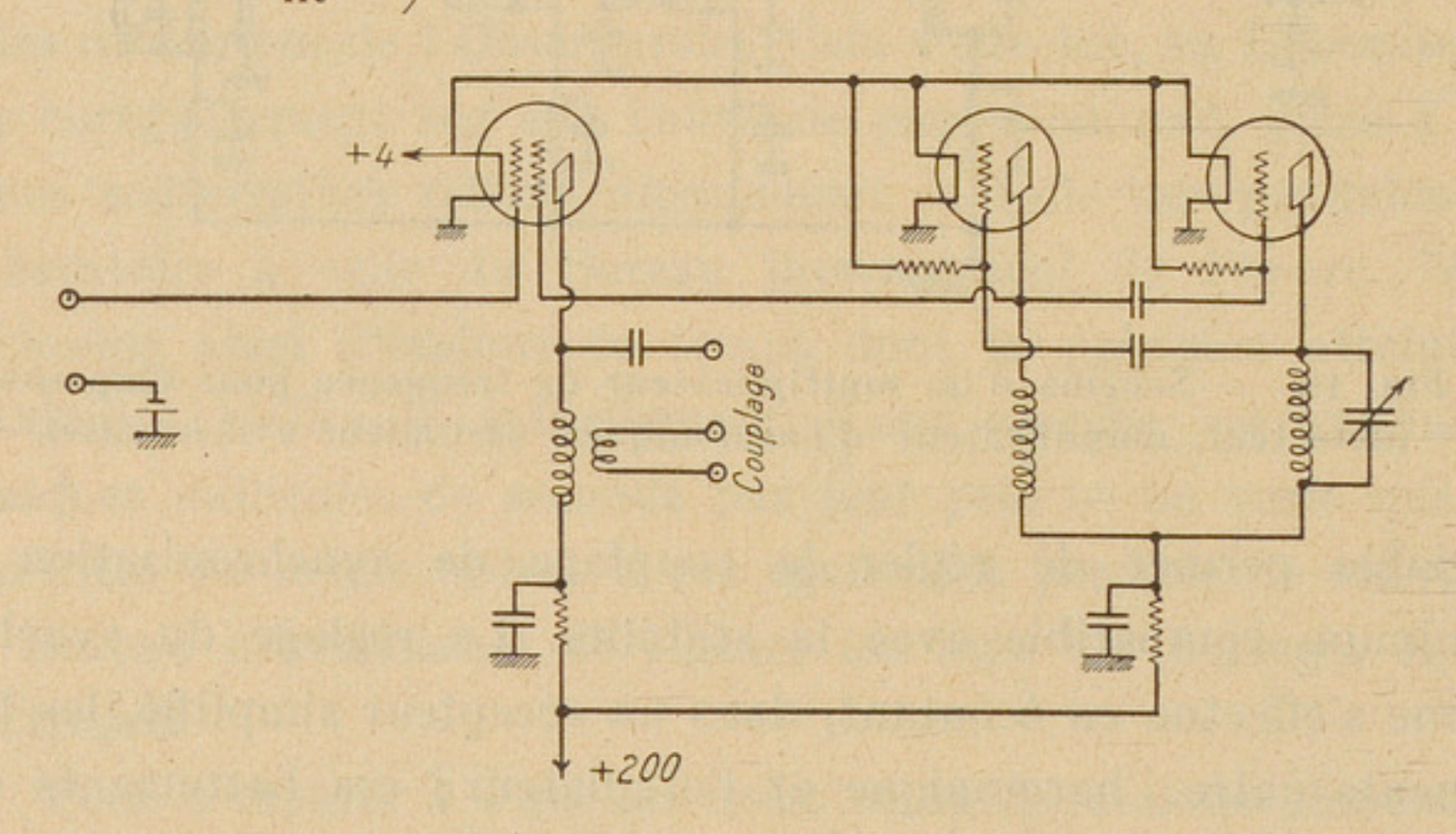


Fig. 20. — Schéma du modulateur synchrone.

dans lequel les harmoniques fractionnaires s'intercalent entre les harmoniques entières comme les divisions d'une règle graduée.

La méthode est très simplement réalisée en attaquant par l'oscillateur (fig. 20) la grille de commande d'une lampe à grille-écran, l'écran étant réuni à l'une des plaques d'un multivibrateur ; la synchronisation de ce dernier et la modulation s'opèrent par l'unique lampe à grille-écran dans le circuit de plaque de laquelle on trouve les harmoniques composées. On atteint très faci-

lement, pour n et m, les valeurs respectives de 200 et 30, ce qui donne, avec les valeurs intermédiaires, environ 60.000 fréquences différentes, toutes connues avec la même précision que la fondamentale du quartz. Il faut remarquer que les harmoniques directes du multivibrateur ne fourniraient pas une énergie utilisable, étant donné leur rang très élevé (jusqu'à 6.000). Nous atteignons ainsi directement 5.10^7 p : s environ. Au delà de cette fréquence, on emploie les harmoniques d'un oscillateur auxiliaire stable réglé à l'oreille sur une des harmoniques composées.

Prochainement, le Laboratoire pourra étendre les mesures absolues jusqu'à des fréquences encore plus élevées, par la même méthode appliquée à un quartz de base ayant une fréquence de l'ordre de 1.000.000 p : s. Nous espérons atteindre ainsi les ondes de l'ordre du mètre, dont la mesure précise reste actuellement problématique.

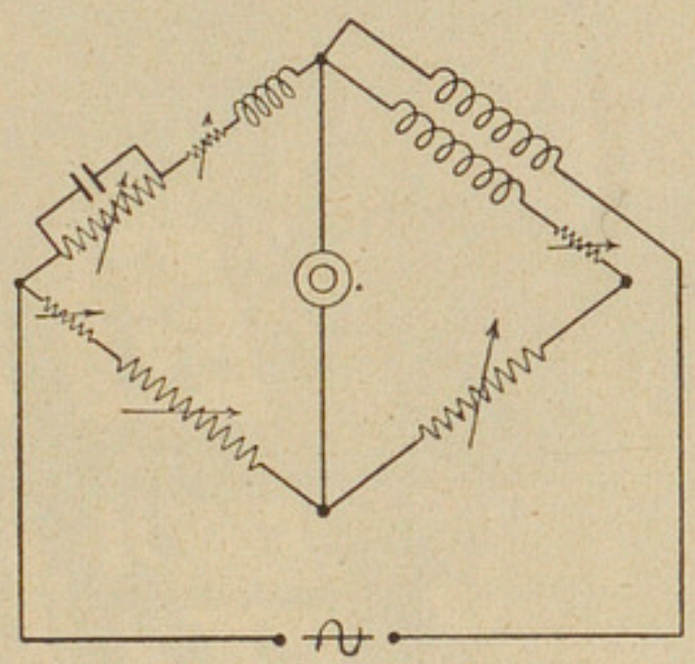


Fig. 21. — Schéma du fréquencemètre musical à pont.

Les chaînes de multiplication de fréquence à diapason ou à quartz fournissent seulement des points définis isolés. Pour déterminer la fréquence d'un oscillateur quelconque (ou d'une émission), il faut interpoler entre deux harmoniques consécutives. Pour cela, nous faisons battre l'oscillateur de mesure avec une harmonique voisine ; la note musicale de battements s'évalue au moyen d'un fréquencemètre à pont gradué directement en dixièmes de période par seconde [1]. Pour que ce pont reste toujours dans les meilleurs conditions de fonctionnement, il est, en réalité, alimenté par un oscillateur musical auxiliaire, avec filtre, réglé à l'unisson sur le son de battements entendu.

Installation matérielle. — L'ensemble de l'installation de mesure des hautes fréquences est logé dans deux bâtis verticaux

1. Construit par la Société d'études des liaisons télégraphiques et téléphoniques à grande distance.

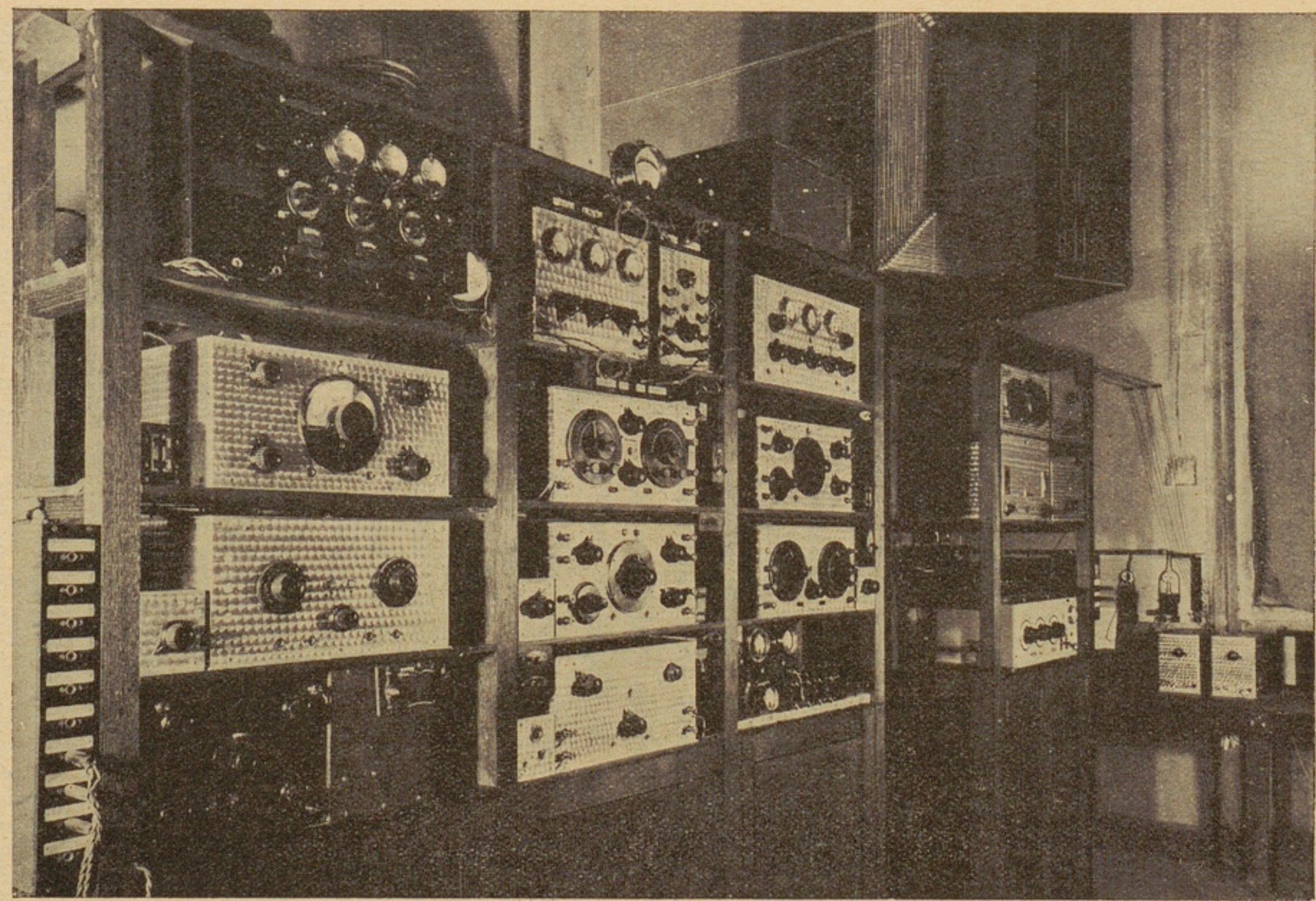


Fig. 22. — Ensemble de fréquencemètre-étalon-absolu et des récepteurs.

situés l'un au bout de l'autre ; le plus grand renferme le fréquencemètre-étalon proprement dit ; l'autre est un meuble de réception permettant de faire des mesures absolues sur des émissions. Les coffrets thermostatiques des diapasons, actuellement situés dans la même salle, seront sans doute prochainement installés dans une cave, ainsi que le nouveau quartz étalon.

Tous les appareils sont contenus (fig. 22) dans un coffret d'aluminium dont le panneau d'avant porte les organes de mesure et de réglage, les bornes se trouvant à l'arrière. Un système de jacks permet de vérifier le courant de plaque (ou de grille) de toutes les lampes, sans en troubler le fonctionnement ; les oscillateurs étalons portent des appareils de mesure constamment branchés. Des commutateurs rendent possibles les différents branchements nécessaires entre les appareils du meuble et avec ceux qui lui sont extérieurs : fréquencemètres de repérage, fréquencemètre et oscillateur d'interpolation, haut-parleur, lignes d'écoute, lignes extérieures, salle des pendules, etc...

Un oscillographe cathodique sert à contrôler toutes les opérations de synchronisme par la méthode des courbes de Lissajous. Ses deux jeux de plaques déviatrices, réunis à deux fiches, peuvent être branchés par un tableau de jacks à toutes les sources de courant alternatif intéressantes : diapasons, quartz, démultiplicateurs, oscillateur musical, récepteur de battements, récepteurs, etc... Il rend des services inestimables dans tous les cas où l'oreille hésite, en particulier dans le cas de brouillages ou de battements entre harmoniques de rangs différents.

L'ensemble de récepteurs comprend trois amplificateurs-détecteurs de haute fréquence, un amplificateur de basse fréquence commun, avec un filtreur-limiteur. Le récepteur d'ondes longues (15 à 100 kp : s) reçoit la tension recueillie aux bornes d'un cadre à combinaisons, par l'intermédiaire d'une boîte d'accord à couplage variable. Il comporte trois étages d'amplification uniforme de haute fréquence et un triode détecteur. Le premier étage est équipé avec une lampe à grille de charge d'espace montée en « résistance négative », afin de diminuer l'amortissement du cadre, par réduction du chauffage. En raison des brouillages intenses

causés par les stations de radiodiffusion, toutes voisines, de la tour Eiffel et de l'Ecole supérieure des P.T.T., le récepteur d'ondes moyennes (100 à 1500 kp : s) a dû être prévu spécialement, et cela sans changement de fréquence ; un oscillateur local conduirait, en effet, à des difficultés de mesure inextricables. L'appareil comporte donc trois étages d'amplification de haute fréquence par lampes à grille-écran entièrement blindées, avec couplage variable. L'aérien est constitué par un cadre à combinaisons situé à l'intérieur du premier et à angle droit. La sensibilité de l'ensemble permet la réception des stations lointaines pendant l'émission des postes parisiens. Pour les ondes courtes, on utilise une petite antenne extérieure avec câble d'entrée sous écran. Un étage d'amplification par lampe à grille-écran attaque une lampe détectrice à réaction par condensateur. Six jeux de bobines permettent de couvrir la gamme de 1500 à 50.000 kp : s. L'amplificateur de basse fréquence comporte un ou deux étages d'amplification uniforme pour la veille et la réception téléphonique ; pour la mesure, il comporte un étage d'amplification ordinaire, suivi de deux étages à résonance et saturation, ne laissant passer que la note de battements cherchée et maintenant l'intensité entre des limites assez serrées.

Un tableau de jacks centralise toutes les combinaisons de lignes entre les appareils de la salle d'étalons et l'extérieur. Deux lignes, venant directement de la salle des pendules de l'observatoire de Paris, y passent en coupure, ainsi qu'une ligne venant de la station de la tour Eiffel. Trois lignes partent vers la salle des pendules du Laboratoire, et trois vers la salle des fréquencemètres ; une vers le central du réseau intérieur, permettant la distribution des courants étalons à basse fréquence dans les diverses pièces du Laboratoire, et une vers le central du réseau urbain. Des lignes intérieures relient ce tableau aux trois sources de courant à 1000 p : s, aux récepteurs, et à un amplificateur permettant de moduler et manipuler le poste de la tour Eiffel. Enfin des câbles spéciaux à très faible capacité transportent au laboratoire des fréquencemètres le courant à 160.000 p : s du quartz étalon.

La salle des pendules contient un bâti (type pour relais téléphonique) [1] groupant : l'amplificateur d'enregistrement (auquel s'adjoint un petit récepteur pour les signaux horaires de la tour Eiffel), les deux horloges synchrones avec leurs amplificateurs, le compteur automatique de battements, et les dispositifs d'alimentation sur le secteur de tout cet ensemble. De très nombreuses

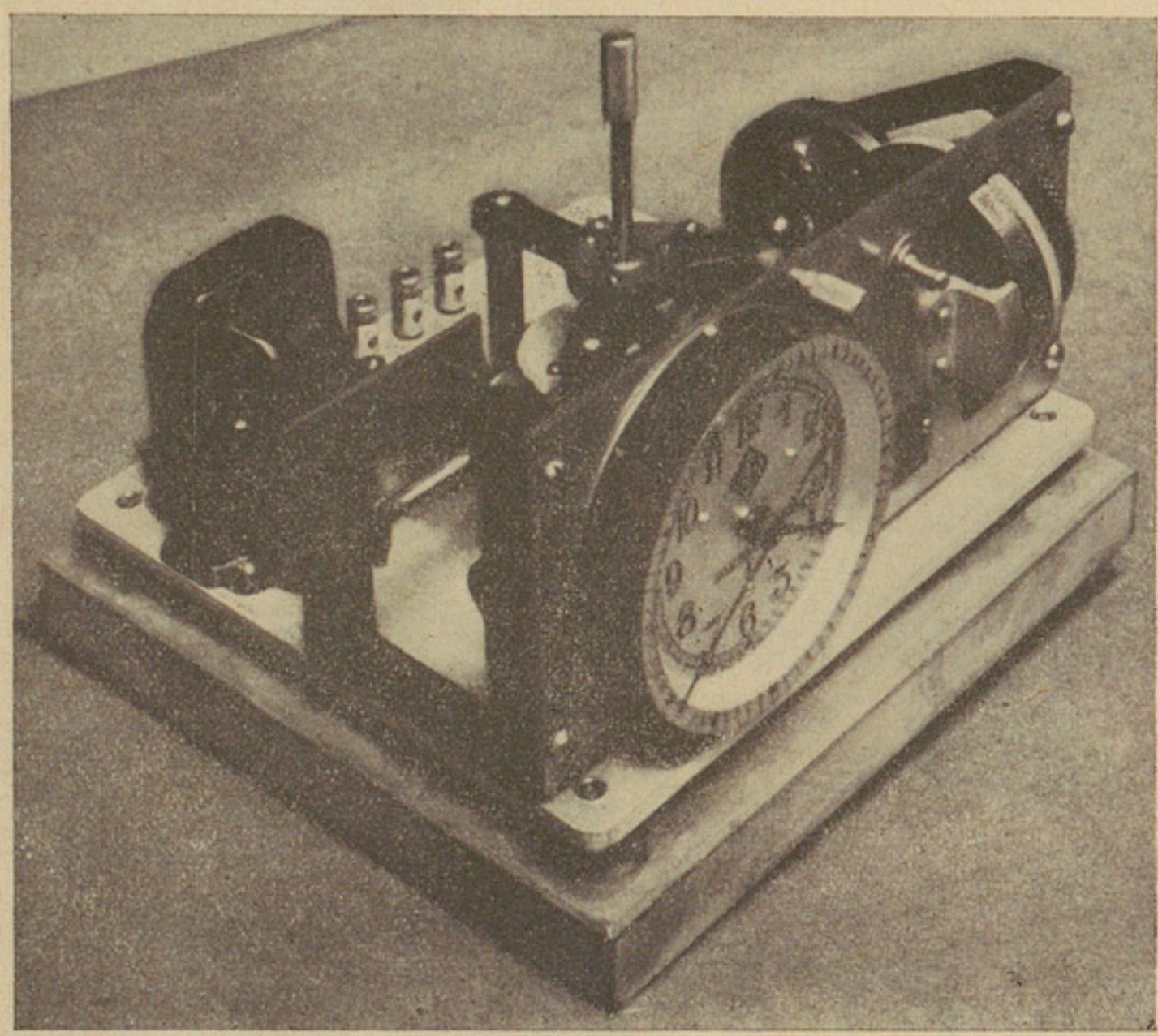


Fig. 23. — Horloge synchrone.

clefs permettent les diverses combinaisons de ces appareils, qui portent tous des appareils de contrôle. Le compteur de battements comporte une lampe détectrice (par la plaque) attaquée par les deux courants ramenés à égalité, et une puissante lampe amplifiant à courant continu ; un relais Baudot commande, à chaque battement, un petit totalisateur de conversations téléphoniques. Les moteurs des horloges synchrones possèdent 100 dents et 6 pôles ; ils font 10 tours à la seconde. Un axe, après démul-

1. En cours d'achèvement.

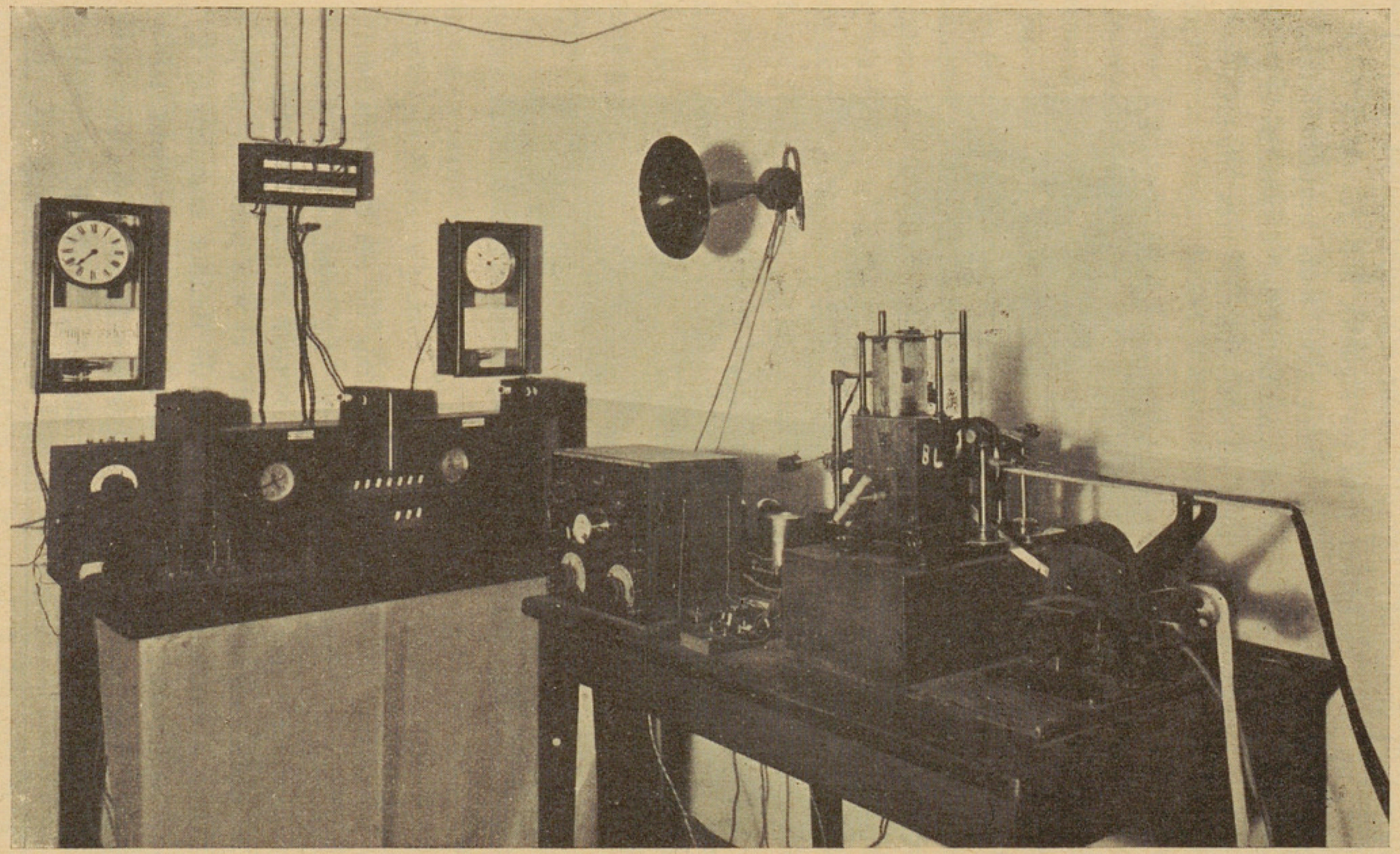


Fig. 24. — Salle des pendules (avant l'installation du bâti actuel) : à droite, l'enregistreur.

tiplication, ferme un contact à chaque seconde et entraîne la minuterie [1].

La salle des pendules (fig. 24) renferme également deux pendulettes électriques Brillié, réglées l'une en temps moyen et l'autre en temps sidéral ; elles servent seulement de répétitrices pour le comptage des secondes. L'enregistrement s'effectue sur un enregistreur sur bande, avec enfumage au noir d'acétylène et fixage par laminage [2]. Un équipage d'oscillographe inscrit simultanément les tops de la pendule et ceux de l'horloge (distingués par leur amplitude) ; un autre inscrit le courant du secteur à 50 p : s servant à vérifier l'uniformité du déroulement. Pour le comptage

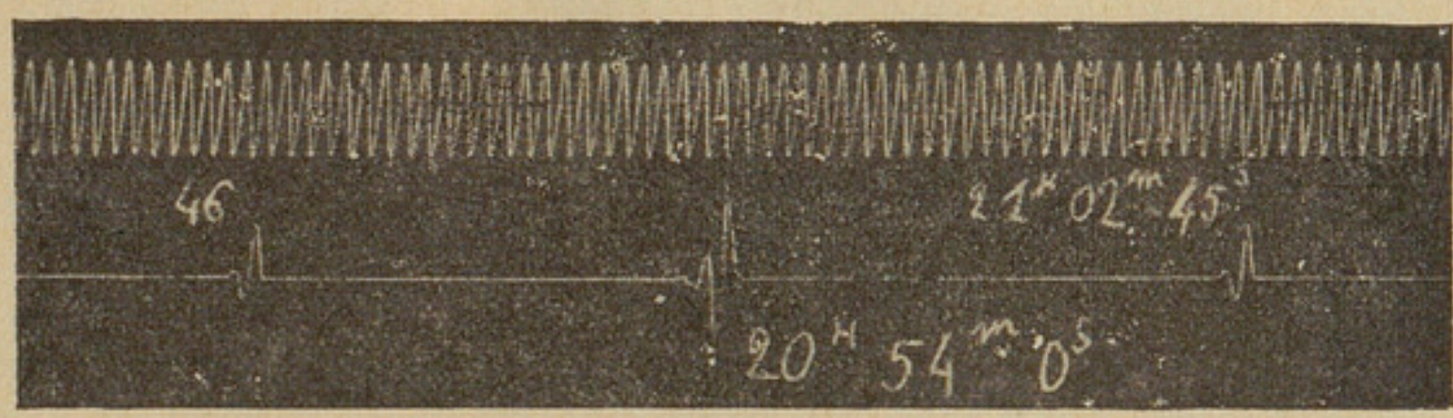


Fig. 25. — Bande d'enregistrement pour étalonnage absolu. Top de la pendule directrice entre deux tops de l'horloge synchrone. En haut, courant à 50 p : s.

exact des battements inscrits par le compteur automatique, le relais attaque la plume de la pendule ; un troisième inscripteur, actionné par un manipulateur, sert à marquer le passage d'un battement repéré. Le déroulement est d'environ 60mm par seconde ; le tracé (fig. 25) permet d'apprécier environ 1/500 de seconde, et l'on opère toujours par moyenne sur six pointés successifs. Pour les mesures de très haute précision, le dépouillement se fait au moyen d'une machine à diviser. Ce système d'enregistrement sera prochainement remplacé par une installation fournissant une précision très supérieure et permettant la vérification continue et automatique des fréquences étalons. Nous poursuivons également l'installation d'un démultiplicateur avec mul-

1. General Radio Co.
2. Modèle Boulitte du Service géographique de l'armée.

tivibrateurs synchronisés, fournissant les courants à 100, à 10 et à 1 p : s à partir des courants étalons à 1000 p : s.

Un tableau de jacks, analogue à celui des étalons, reçoit trois lignes de la salle des étalons, trois de celle des fréquencemètres (pouvant être bouclées vers les étalons) et une du central du réseau intérieur ; il est relié aux divers organes du bâti général. On peut ainsi alimenter les deux horloges synchrones, recevoir les courants de l'observatoire ou y renvoyer les tops des horloges, enregistrer

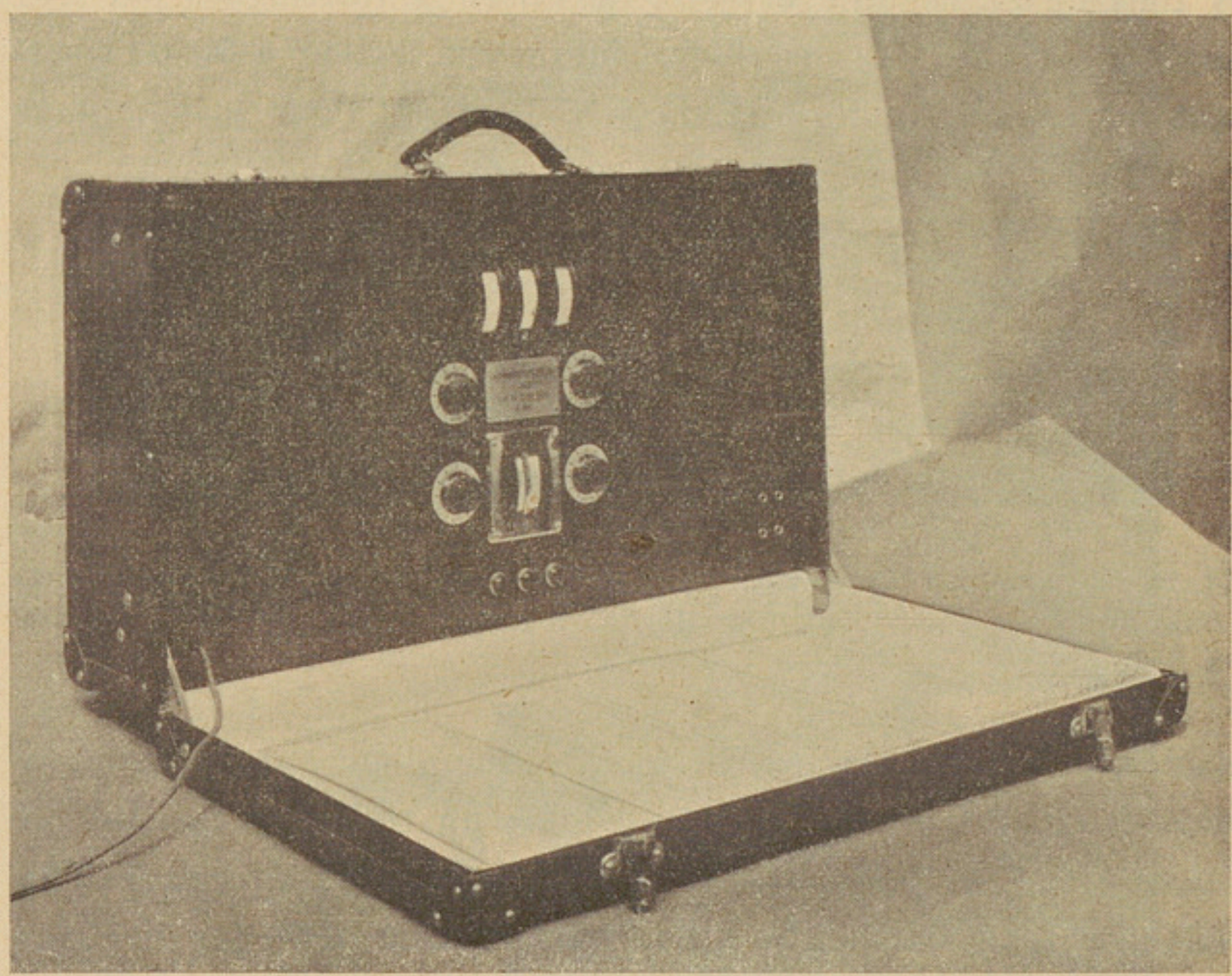


Fig. 26. — Oscillateur piézoélectrique étalon portatif, avec modulateur synchrone.

les courants des récepteurs, soit manipulés, soit modulés, etc... Deux tubes à néon répètent les tops venant des lignes de l'observatoire et indiquent ainsi le fonctionnement des pendules. Un réseau d'intercommunication téléphonique et des postes de réseau urbain complètent toutes ces lignes.

Ensemble portatif. — Dans de nombreux cas, il n'est pas possible d'effectuer les mesures dans les laboratoires du service.

Certaines stations à vérifier ne peuvent être reçues au Laboratoire national, soit par manque de puissance, soit par suite d'une propagation défavorable. D'autre part, on a souvent à étalonner sur place un fréquencemètre intransportable.

Nous avons donc étudié un ensemble de mesures absolues entièrement portatif, basé sur la méthode de modulation du quartz. Il se compose de six valises, contenant : 1) un oscillateur piézoélectrique de 100.000 p : s avec thermostat, amplificateur et modulateur synchrone ; 2) un démultiplicateur actionnant une horloge synchrone ; 3) un oscillateur musical étalonné, pour l'interpolation ; 4) un récepteur pour ondes moyennes (100 à 1500 kp : s) ; 5) un récepteur pour ondes courtes (1500 à 30.000 kp : s) ; 6) un jeu de piles et d'accumulateurs secs pour l'alimentation.

L'emploi de cet ensemble est le même que celui du fréquencemètre étalon à quartz ; cependant l'étalonnement absolu diffère naturellement, l'étalon de temps ne pouvant plus être le même. Deux méthodes peuvent s'employer dans ce but : soit faire fonctionner l'horloge synchrone pendant toute la période qui sépare deux émissions de signaux horaires de la tour Eiffel, soit étalonner par battements le courant à 1000 p : s fourni par le démultiplicateur, par rapport à l'un des courants étalons du Laboratoire national transmis par le poste de la tour Eiffel.

La précision obtenue ne peut rivaliser avec celle de l'installation fixe ; elle atteint cependant au moins le millionième. L'oscillateur piézoélectrique seul, livré à lui-même, fournit une stabilité de 1 à 2 millionièmes, toutes les conditions de fonctionnement pouvant être réglées soigneusement.

Conduite des mesures. — Les mesures de fréquence peuvent se ramener à deux catégories principales :

a) *Graduation d'un fréquencemètre* (d'un type quelconque) ;

b) *Mesure d'une fréquence déterminée* (oscillateur, émission ou résonateur).

La première opération est la plus simple. Ayant déterminé l'espacement des points à relever, on règle le modulateur sur le rapport convenable. Il ne reste qu'à accorder l'oscillateur auxi-

liaire attaquant le fréquencemètre (ou le fréquencemètre lui-même si c'est une hétérodyne), successivement sur les harmoniques composées, en écoutant les battements dans un récepteur. Si la fréquence est inférieure à 200 ou 300 kp : s, il est préférable d'utiliser les harmoniques du diapason. Pour les fréquences acoustiques, l'oscillateur auxiliaire est accordé, par courbes de Lissajous observées à l'oscillographe cathodique, sur des fréquences en rapport simple avec 1000 p : s, par exemple : 2500, 666,6, 400, etc... Si la gamme s'étend vers les fréquences très basses, on peut recommencer l'opération à partir d'un oscillateur synchronisé sur 100 p : s.

Pour mesurer une fréquence déterminée, il faut interpoler. Si le diapason est utilisé, on règle l'oscillateur synchronisé successivement sur les harmoniques qui encadrent la fréquence inconnue, et pour chacune d'e es on mesure, avec le fréquencemètre à pont, la note de battements entendue. Les divers résultats doivent se recouper, et fournissent l'erreur de fermeture. Avec le quartz, l'opération est similaire ; mais ici on fait varier le rapport du modulateur, et pour chaque rapport on mesure la note de battements. Afin de pouvoir mesurer rapidement des émissions, nous réalisons actuellement un dispositif d'interpolation directe entre les harmoniques composées, au moyen d'un très petit condensateur variable de haute précision monté en parallèle sur le condensateur d'accord du récepteur, utilisé en autodyne. La précision sera évidemment moins élevée, mais la mesure gagnera en rapidité et facilité.

Dans le cas des résonateurs, la mesure s'effectue, en réalité, sur un oscillateur auxiliaire accordé sur le résonateur.

Les fréquences acoustiques sont mesurées, soit en valeur absolue par entraînement direct (ou par démultiplication) d'un moteur synchrone, soit par interpolation au moyen du fréquencemètre à pont. La précision est, dans ce dernier cas, de l'ordre de 1 /10.000.

Etalons secondaires. — Quand la précision d'un fréquencemètre n'atteint pas 1 /10.000, il est inutile de l'étalonner en valeur absolue. On le compare alors à des étalons secondaires, constitués

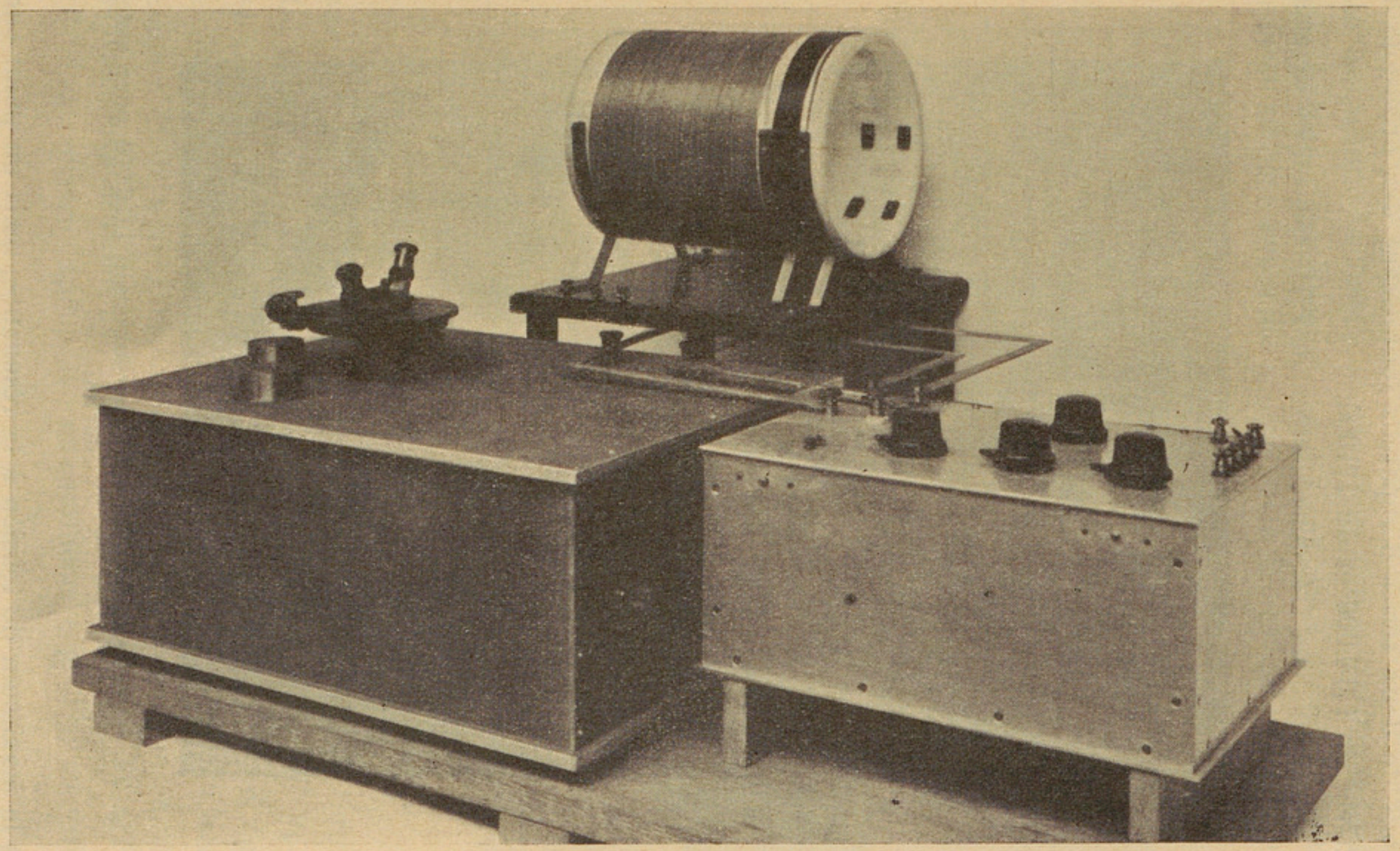


Fig. 27. — Fréquencemètre étalon secondaire à 1/10.000 pour ondes moyennes.

par d'excellents circuits résonants, munis d'un indicateur de résonance et étalonnés eux-mêmes en valeur absolue. Nous disposons de deux séries d'appareils fournissant des précisions respectives de 1/10.000 et de 1/1000.

Dans les deux fréquencemètres au 1/10.000, on ne détermine

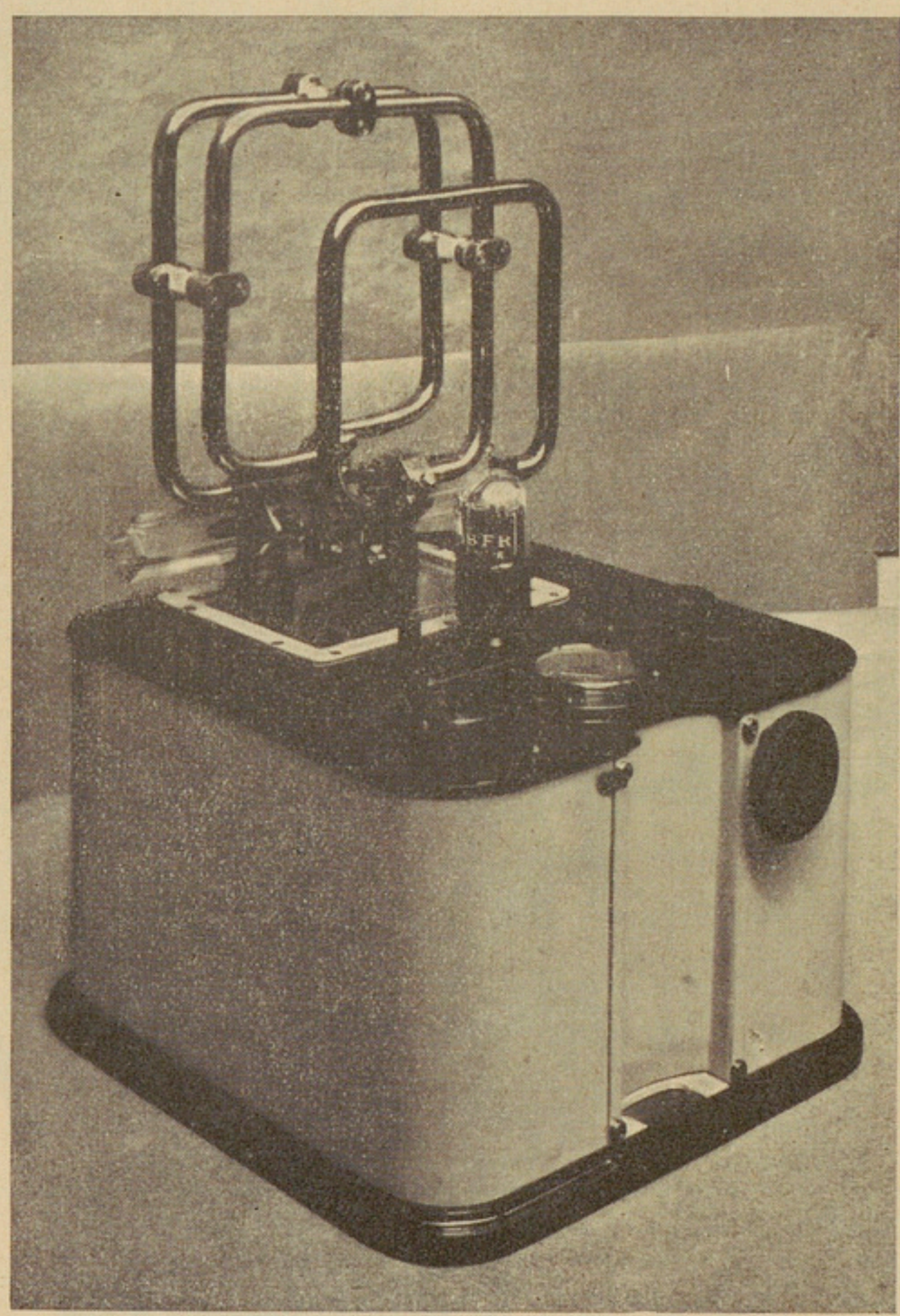


Fig. 28. — Fréquencemètre étalon secondaire à 1/10.000 pour ondes courtes.

pas le maximum de tension à la résonance, mais un point sur les flancs de la courbe. Pour cela, on repère la valeur de la capacité (légèrement trop faible) telle que, si on lui ajoute une petite ca-

pacité fixe bien déterminée, les deux intensités obtenues soient égales. L'appareil pour ondes moyennes (170 à 1500 kp : s en cinq échelles) (fig. 27) possède un condensateur variable monté sur un cadran de théodolite à double vernier [1] ; les inductances sont bobinées sous tension sur des carcasses de quartz fileté. Les variations du courant de plaque de la lampe détectrice sont lues

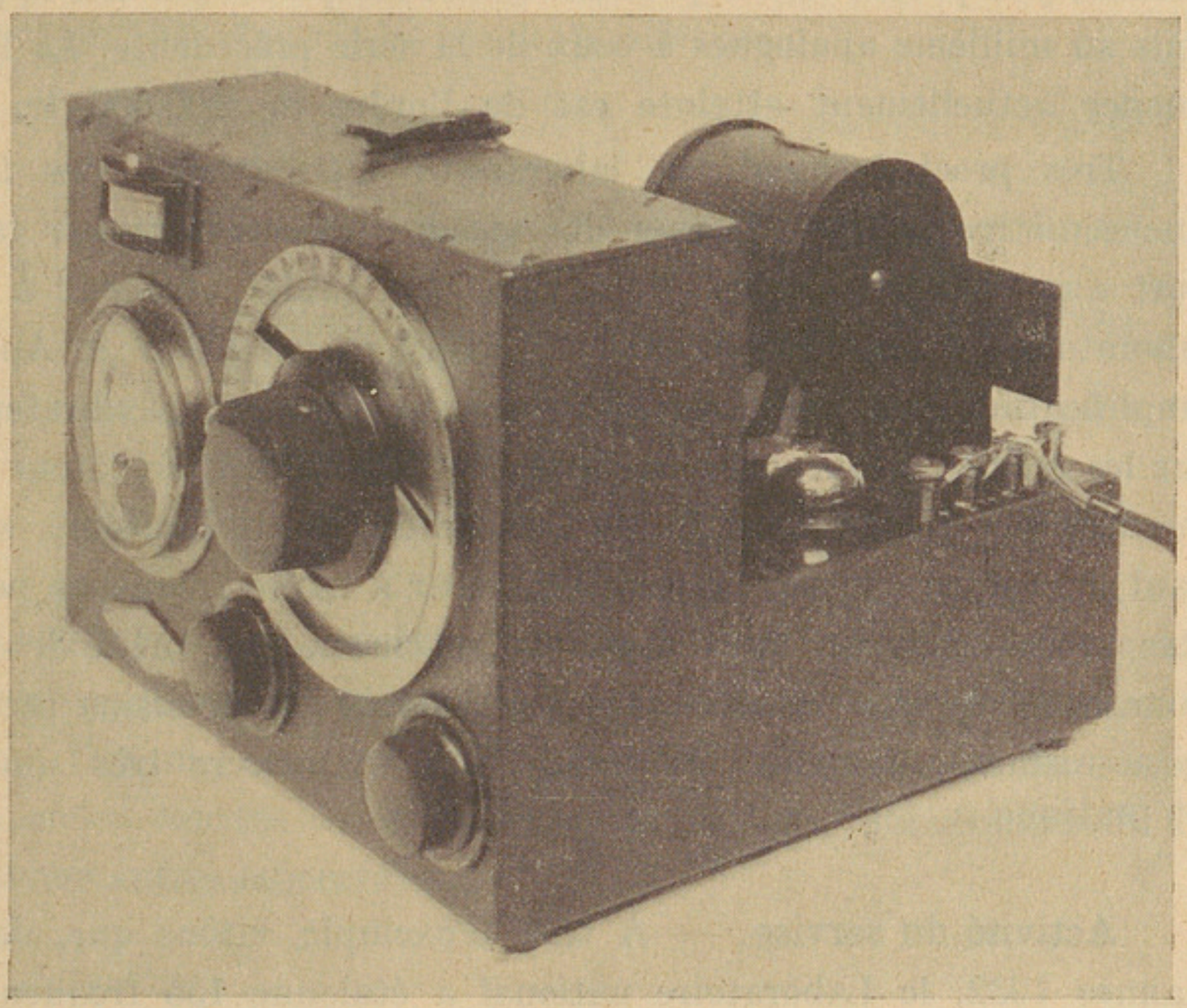


Fig. 29. — Fréquencemètre étalon secondaire à 1 /1.000.

sur un galvanomètre par l'intermédiaire d'un transformateur. Le fréquencemètre pour ondes courtes (6000 à 25.000 kp : s en vingt échelles) (fig. 28) utilise des inductances en gros tube de cuivre fixé sur barre de verre. La lampe détectrice fonctionne comme diode avec grille accélératrice et alimente un milliampèremètre très sensible [2].

Les quatre appareils au millième (fig. 29) couvrent la

1. Réalisé par le Service géographique de l'armée.
2. Société française radioélectrique.

gamme de 150 à 20.000 kp : s en trente-deux échelles. La lampe détectrice agit sur un milliampèremètre compensé [1].

Pour les ondes très courtes, le service dispose de circuits d'absorption, que l'on fait agir sur un récepteur à superréaction ; pour les mesures précises, on utilise les harmoniques d'un oscillateur réglé sur l'étalon secondaire au dix-millième. Les circuits actuels, peu précis, seront prochainement remplacés par des appareils au millième analogues à ceux de la série précédente. La fréquence actuellement atteinte est de l'ordre de 200.000 kp : s.

Très prochainement, le laboratoire d'étalonnage des fréquencemètres pourra effectuer des mesures directement par rapport aux étalons absolus. Pour cela, des câbles amènent à ce laboratoire les courants étalons à 160.000 et à 1000 p : s. Après amplification, ces courants synchronisent deux multivibrateurs sur les mêmes fréquences ; on peut donc accorder l'oscillateur de mesures sur les harmoniques de l'un de ces multivibrateurs, suivant la gamme choisie. Le multivibrateur à haute fréquence peut être modulé par un multivibrateur synchrone. La méthode est donc la même que celle des mesures absolues ; la précision nécessaire restant inférieure, on obtient une manœuvre très simple et pratique.

Activité du service. — A titre d'exemple, citons que, dans l'année 1932, le Laboratoire national a étalonné 135 fréquencemètres de précision moyenne, représentant 570 échelles ; 15 fréquencemètres au millième, soit 90 échelles ; 8 fréquencemètres au dix-millième comportant 52 échelles. Il a mesuré 16 quartz oscillateurs et 8 résonateurs. Il a vérifié la fréquence et la stabilité de 15 stations à moins de 1/10.000, 5 à 1/100.000 et 5 à 1/1.000.000.

Plusieurs opérations internationales ont permis de constater l'accord complet des mesures effectuées au Laboratoire et dans les divers grands laboratoires étrangers. Au début de 1931, un de nos oscillateurs piézo-électriques fut transporté à

---

1. La Précision électrique.

Berlin, Rome, Livourne et Londres, en même temps qu'un résonateur allemand. Les chiffres obtenus montrèrent une concordance de l'ordre du millionième. Des mesures simultanées sur la fréquence de modulation (diapason) d'une émission furent entreprises en 1930 sur la tour Eiffel, et à partir de 1931 sur Daventry. Les écarts passèrent de quelques millionièmes en 1930 à quelques dix-millionièmes en 1932. La dernière comparaison, effectuée en juin 1932, fournit les résultats suivants :

National physical laboratory (Londres-Teddington)	1000,0001 ± 0,0002
Laboratoire national de radioélectricité (Paris)	1000,0001 ± 0,0003
General post office (Londres-Dollis Hill)	1000,0001 ± 0,0002
Physikalisch-technische Reichsanstalt (Berlin-Charlottenburg)	1000,0002 ± 0,0003
Institut Radiotechniczny (Varsovie)	999,9997 ± 0,0004

La comparaison durait 2 heures et nous relevions la fréquence (au compteur automatique de battements) toutes les 2 minutes.

Des mesures ont été également exécutées sur les stations à ondes courtes de la Société des nations, simultanément avec divers autres laboratoires.

IV

ESSAIS DES STATIONS D'ÉMISSION. (1)

La nature de ces essais est essentiellement variable suivant les cas. A titre d'exemple, nous donnerons un aperçu des mesures effectuées généralement sur les stations de radiodiffusion.

Mesures de puissance. — La détermination de la puissance peut découler d'une mesure de résistance d'antenne. Pour des stations de moyenne importance, ce procédé est relativement

1. Note présentée par MM. David, ingénieur en chef, et Decaux, ingénieur.

simple ; on l'applique soit par une méthode de substitution ou d'antenne fictive, soit (en opérant à la résonance sur le circuit d'antenne) en déterminant le minimum du rapport $\frac{U}{I}$ à la base, la puissance étant alors égale à UI.

La mesure la plus correcte est généralement fournie par une méthode calorimétrique. On mesure, par élévation de température, la puissance dissipée par les anodes dans l'eau de refroidissement, soit en fonctionnement statique, soit en oscillation. Il y a lieu de tenir compte de l'échauffement dû aux filaments, des pertes dans les circuits, etc...

Mesures de distorsion. — Les taux de modulation se mesurent au moyen d'un voltmètre de crête (diode chargeant un con-

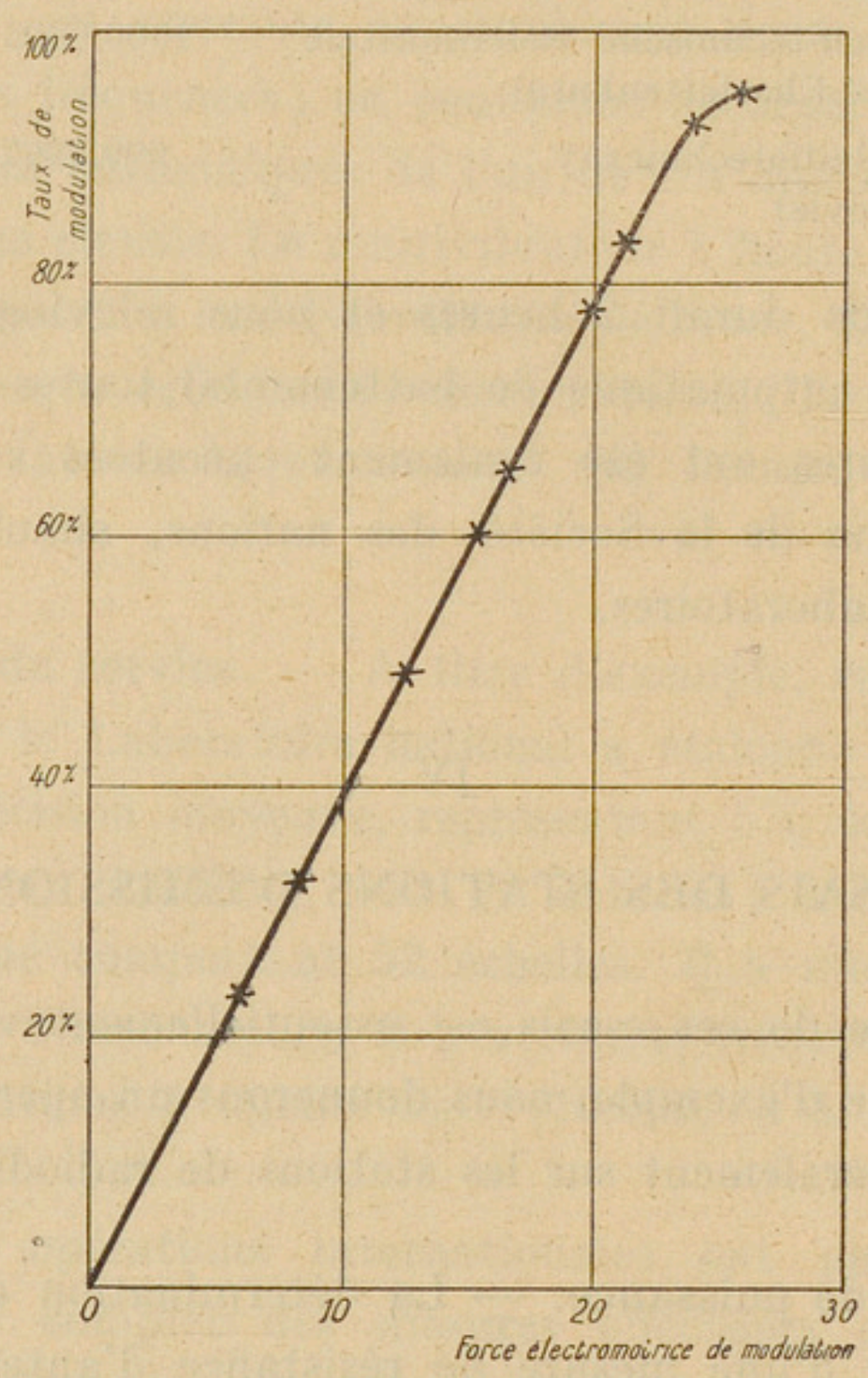


Fig. 30. — Exemple de courbe de distorsion non-linéaire.

densateur branché à un électromètre) indiquant la tension maximum aux bornes du secondaire d'un transformateur inséré à

la base de l'antenne ; le taux est égal au rapport des tensions avec, et sans modulation, dont on retranche l'unité. Les tensions de modulation se mesurent par un voltmètre à lampe et une boîte d'affaiblissement.

Pour déterminer la distorsion non-linéaire, on relève les taux de modulation pour diverses tensions de modulation, la fréquence restant constante. La courbe obtenue doit être une droite (fig. 30).

L'étude de la distorsion non-uniforme s'opère en laissant la tension de modulation constante et en faisant varier la fré-

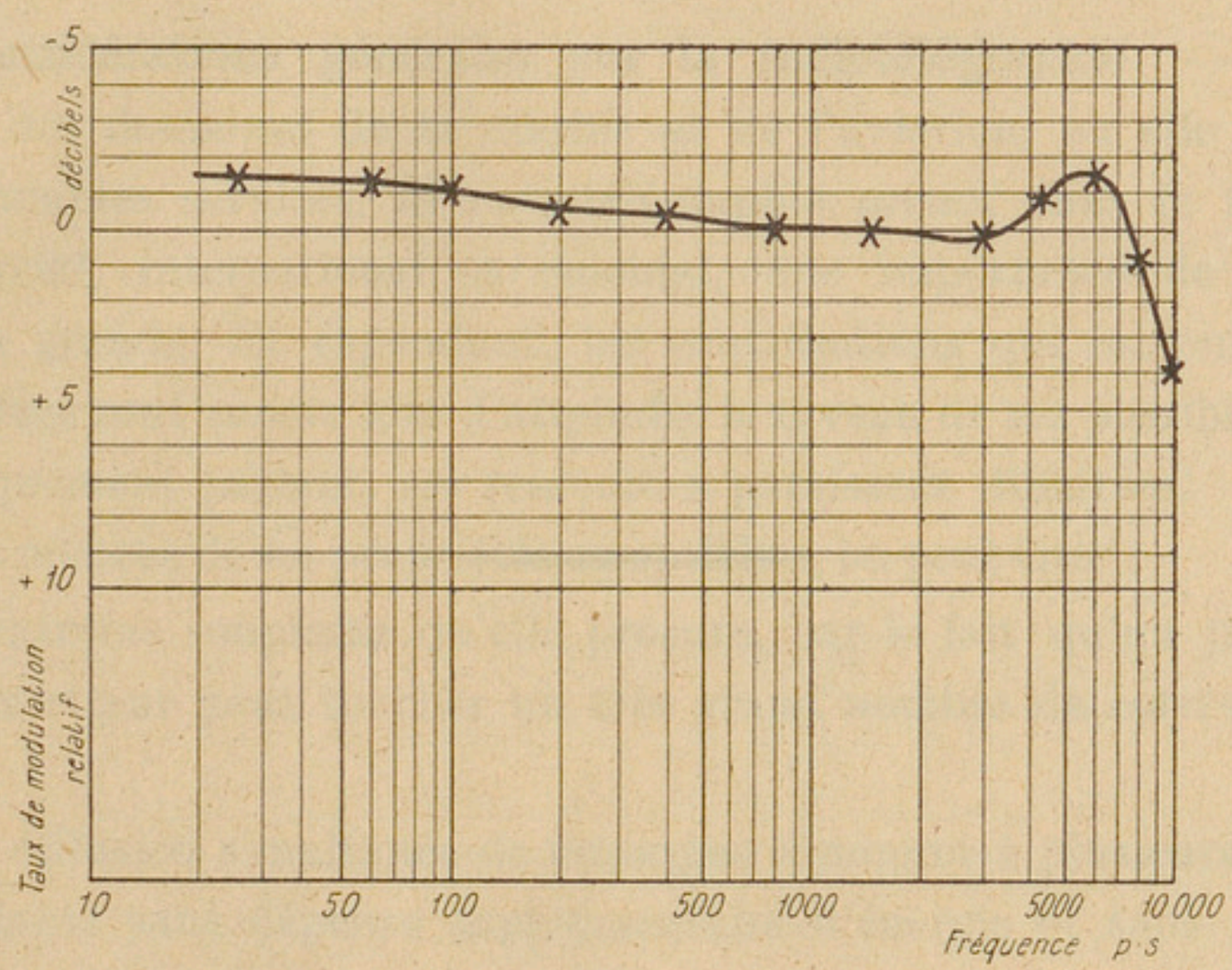


Fig. 31. — Exemple de courbe de distorsion non-uniforme.

quence. La courbe obtenue doit se rapprocher d'une droite horizontale (fig. 31).

Bruit de fond. — En l'absence de modulation, le bruit de fond restant doit être inférieur à un certain niveau. Cette mesure s'effectue généralement par comparaison auditive après détection.

Mesures de champ. — L'efficacité de la station est vérifiée par des mesures de rayonnement, décrites ailleurs.

Mesures d'harmoniques. — Ces mêmes mesures permettent de vérifier que l'importance des harmoniques de la station reste sans inconvénient même en modulation.

Mesures de fréquence et de stabilité. — On vérifie enfin, par les méthodes décrites à la page 646, que la fréquence de la station possède bien la valeur prévue et qu'elle ne varie ni sous l'influence de la modulation, ni dans le temps.

(*A suivre.*)

ADAPTATION DE L'APPAREIL BAUDOT
AUX COMMUNICATIONS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES
sur ondes longues et sur ondes courtes.

par C. VERDAN,
sous-ingénieur des Postes et Télégraphes.

Considérations générales sur la radiotélégraphie. — En dehors des domaines de la marine et de l'aviation, où elle rend d'inestimables services, la radiotélégraphie prend, dans le trafic commercial, international et colonial, une importance de plus en plus grande. Et cependant, les contributions qui lui ont été demandées sont encore loin d'atteindre le niveau de ses possibilités. Techniquement parlant, ses ressources paraissent illimitées.

Au nombre de ses propriétés essentielles, on peut citer :

1° l'extrême souplesse qu'elle procure, par le fait qu'un même poste émetteur peut toucher un très grand nombre de correspondants ;

2° la diffusion simultanée de messages communs à plusieurs correspondants sans dépense supplémentaire d'énergie et sans perte de temps (trafic d'information ou de presse) ;

3° la facilité d'établissement des communications, quels que soient les obstacles naturels ou l'insécurité des zones traversées ;

4° les grandes vitesses de transmission qu'elle permet d'atteindre, quelle que soit la distance des postes en communication ;

5° l'accélération de l'acheminement des télégrammes par la suppression des nombreuses retransmissions, susceptibles, par surcroit, de multiplier les sources d'erreurs ;

6° l'abaissement des taxes qu'une organisation générale a déjà permis et que de nouveaux progrès techniques pourraient rendre encore beaucoup plus sensible ;

7° la simplification de l'entretien et de la surveillance des communications, limités à deux points : émission et réception.

La contre-partie de cet imposant palmarès ne peut être passée sous silence. Elle réside en un certain nombre de points faibles qui découlent de difficultés techniques et qui semblent être cause de la méfiance dont fait encore preuve une partie des usagers vis-à-vis des radiocommunications.

Il faut tout d'abord citer les inconvénients qui résultent de l'intervention obligatoire de l'opérateur chargé de traduire les télégrammes à leur réception. Ce mode de travail, qui n'est plus en harmonie avec les progrès de la technique moderne, est d'un rendement faible et comporte des sources d'erreurs.

Aux altérations pouvant résulter d'un moment d'inattention de l'opérateur, s'ajoutent celles qui sont dues aux phénomènes perturbateurs, tels que parasites sur ondes longues, fading et parasites sur ondes courtes.

De plus, les interférences entre longueurs d'ondes utilisées par des émetteurs différents apportent encore leur part de trouble dans la fidélité des transmissions. Toutefois des conférences internationales ont déjà amélioré la répartition des longueurs d'ondes et la discipline de l'éther. Parallèlement au resserrement de la réglementation des émissions, une meilleure sélectivité des appareils récepteurs concourt également à rendre de plus en plus accidentels les brouillages par interférences.

Enfin on reproche à la radiotélégraphie de ne pas respecter le secret des communications.

But à atteindre. — Il faut donner à la radiotélégraphie la double sécurité qui lui manque encore : fidélité des transmissions et discrétion, puis tendre vers des rendements de plus en plus élevés des postes émetteurs, afin de ne pas multiplier les stations nouvelles. On s'acheminera ainsi vers une diminution des frais et des taxes.

En matière de sécurité, la protection contre les perturbations atmosphériques doit être liée à la suppression de l'intermédiaire humain. La traduction automatique et imprimée, seule capable

d'offrir une garantie suffisante et une vitesse de transmission élevée, est indiscutablement la solution de l'avenir. Elle offre, de plus, des possibilités remarquables au point de vue du secret de la correspondance échangée.

Enfin, profitant de la souplesse de l'exploitation radiotélégraphique, on a déjà réalisé, sur les liaisons établies entre Paris et l'Afrique du Nord, la transmission dite « en éventail ». Sur la longueur d'onde d'un émetteur donné : FYK, par exemple, équipé au baudot et commandé de Paris, sont accordés plusieurs correspondants réguliers : Oran, Alger, Constantine et parfois Tunis. Au fur et à mesure des besoins, Paris utilise les trois « claviers » dont il dispose, en proportion du nombre de télégrammes à transmettre à chacun des correspondants « accrochés » sur son émission. L'écoulement du trafic s'opère indistinctement pour les trois ou quatre correspondants, sans réglage ni appel préalables. La différenciation des destinataires est simplement obtenue par l'attribution d'un numérotage des télégrammes spécial à chaque destinataire. Les pertes de temps sont ainsi inexistantes et le rendement de la station émettrice est porté au maximum.

Choix de l'appareil télégraphique. — Du choix de l'appareil télégraphique utilisé, dépendent les résultats d'exploitation d'une liaison radiotélégraphique donnée. Il convient donc d'examiner attentivement les avantages et les inconvénients des différents systèmes.

Deux codes sont en présence pour la formation électrique des textes à transmettre : le code Morse et le code à cinq moments (Baudot). Ce dernier bénéficie, par rapport au premier, d'un gain de rendement de l'ordre de 40 %. Cette particularité, pourtant très importante, est assez ignorée de la plupart de ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent à la radiotélégraphie, et il est bon de le rappeler. Alors qu'il faut, avec le code Morse, 5100 signaux élémentaires, ou « bauds », pour transmettre 100 mots, il ne faut que *3.000 signaux pour effectuer la même transmission à l'aide du code Baudot*, c'est-à-dire que, pour un même travail, le code Morse exige une vitesse de transmission presque double.

Les appareils basés sur le code Morse qui *pourraient* permettre un déchiffrement automatique des messages et leur impression en caractères typographiques ne sont pas utilisables en T.S.F., en raison de la gêne apportée dans le fonctionnement de ces appareils par les perturbations atmosphériques (parasites et fading). Celles-ci n'ont pu, jusqu'à ce jour, être assez efficacement combattues par les procédés purement électriques connus : filtres de bandes, résonances suraiguës, etc... L'utilisation du creed imprimeur a notamment été tentée il y a plusieurs années ; mais, pratiquement, ces essais n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

Dans la plupart des cas, on en est réduit à se contenter d'émettre par l'intermédiaire d'une bande perforée et de recevoir à l'aide d'un ondulateur pour porter le rendement des installations à un taux plus élevé que celui de la réception dite « au casque ». Avec ce procédé, si la vitesse de transmission augmente, la traduction des signaux n'est toujours pas automatique, et il faut s'en remettre à la virtuosité et à la capacité des opérateurs pour la traduction, on pourrait dire l'interprétation des télégrammes.

L'emploi d'appareils imprimeurs spéciaux, tels que le hughes et les télétypes, se heurte à des difficultés de même nature que celles qui ont fait renoncer au creed imprimeur, c'est-à-dire que leur fonctionnement ne peut être assuré qu'autant que la propagation des ondes reste constante et n'est entachée d'aucun trouble ; de telles conditions sont malheureusement trop rares pour qu'on puisse compter sur une exploitation assujettie à de tels aléas.

Il reste à examiner les enregistreurs du type *télautographique*. Ces appareils, par leur fonctionnement très caractéristique, sont ceux qui nous paraissent les mieux protégés contre les perturbateurs naturels ou autres et qui donnent la meilleure garantie en ce qui touche la sécurité des transmissions. Malheureusement, leur rendement est déplorable ; il est à peine de l'ordre du vingtième de celui du code Morse, déjà désavantageux. Le maniement de ces appareils est peu compatible avec un trafic important et l'on ne peut songer à les utiliser sur les liaisons commerciales chargées ; ils sont réservés à des usages spéciaux bien déterminés : transmis-

sion d'images, service photométrique de police, transmission de cartes météorologiques des services de l'aviation, etc...

A l'inverse de tous ces systèmes, le baudot, malgré sa complexité plus imaginaire que réelle, jouit de propriétés remarquables d'adaptation, qui le rendent propre à surmonter, *dans les meilleures conditions*, les difficultés inhérentes à la T.S.F.

Emploi du baudot sur ondes longues. — Des articles de MM. Montoriol et P. Raynaud dans les *Annales* de juillet 1925 et juillet 1927 et dans le *Journal télégraphique* de Berne (mars 1929) ont déjà fourni des renseignements approfondis sur le sujet. Nous rappellerons simplement le principe de verrouillage adopté contre les parasites pour protéger les installations Baudot. M. Montoriol l'expose comme il suit :

Les combinaisons du code Baudot comportent chacune un certain nombre de courants de travail, dont le moment d'émission est déterminé par le passage du balai sur les contacts du distributeur : ces courants sont séparés par des intervalles, de moment et de durée également bien déterminés. Si, pendant la réception de l'une de ces combinaisons, un parasite vient à se manifester, deux cas sont possibles : ou bien il se superpose aux courants de travail, et passe alors inaperçu, ou bien il tombe entre deux de ces courants et actionne intempestivement un ou plusieurs des électro-aimants du traducteur : la lettre alors imprimée est erronée.

Considérons d'autre part que, si les éléments d'un signal sont toujours identiques à eux-mêmes, les parasites, susceptibles de les brouiller sont au contraire distribués dans le temps d'une façon irrégulière, absolument quelconque. Si, donc, nous répétons plusieurs fois la même combinaison, le calcul des probabilités montre qu'il y a un nombre considérable de chances pour que les parasites ne se manifestent pas, invariablement aux mêmes instants relatifs par rapport aux courants de travail: on traduira toujours une fausse lettre,mais ce ne sera pas nécessairement la même.

Le principe du système Verdan basé sur ces considérations est le suivant : un signal, pour être enregistré, dans le récepteur du poste correspondant, doit être répété deux ou même trois fois, suivant l'abondance des parasites. Ces répétitions ont lieu à des intervalles plus grands que la durée moyenne d'une décharge atmosphérique, dans l'espèce six tours des balais du distributeur, soit environ deux secondes.

Une combinaison quelconque, en même temps qu'elle est envoyée dans l'antenne, par le 3e secteur du distributeur, et rayonnée dans l'espace, est « emmagasinée » dans un groupe de cinq électro-aimants pour être répétée automatiquement, sur le 2e secteur, après six tours des balais ; un nouvel emmagasinement a lieu lors de cette répétition et, enfin, la combinaison est confirmée, six tours plus tard, sur le secteur I. L'excitation des électro-emmagasineurs est obtenue par un dispositif comparable à celui qui, au Baudot ordinaire, donne le contrôle de la transmission, à cela près que les armatures actionnées sont verrouillées et servent ensuite de relais pour la répétition ; elles sont libérées mécaniquement aussitôt après.

Au poste de réception, la combinaison émise puis répétée est emmagasinée de même, et c'est seulement lors de la confirmation, reçue au treizième tour, qu'elle est traduite et imprimée.

La figure 1 montre ce principe. Pour plus de clarté, on n'a représenté qu'un seul emmagasineur, celui qui correspond au 3e contact de chaque secteur : il est donc bien entendu qu'il devrait y avoir dans chaque groupe, cinq électro-aimants, E et E', et cinq électro-aiguilleurs T, dans le traducteur. Enfin, pour simplifier encore, on admet que la répétition et la confirmation ont lieu *à un tour seulement d'intervalle...*

Supposons donc qu'on reçoive, au premier tour et sur le 3e secteur, la combinaison « Y » (courants de travail sur le 3e contact et repos sur les quatre autres). L'électro-aimant E_3 étant parcouru par ce courant de travail, son armature, A, en se déplaçant, libère un levier, L, mobile autour du point O. Sous l'action d'un ressort, ce levier bascule, et son extrémité de droite vient s'appuyer sur sa butée B. L'électro-emmagasineur E'_3, du second groupe, se trouve ainsi mis en communication avec le 3e contact du secteur 2. Lorsqu'arrive, sur le 2e secteur, la première répétition, l'armature de E'_3, attirée à son tour,

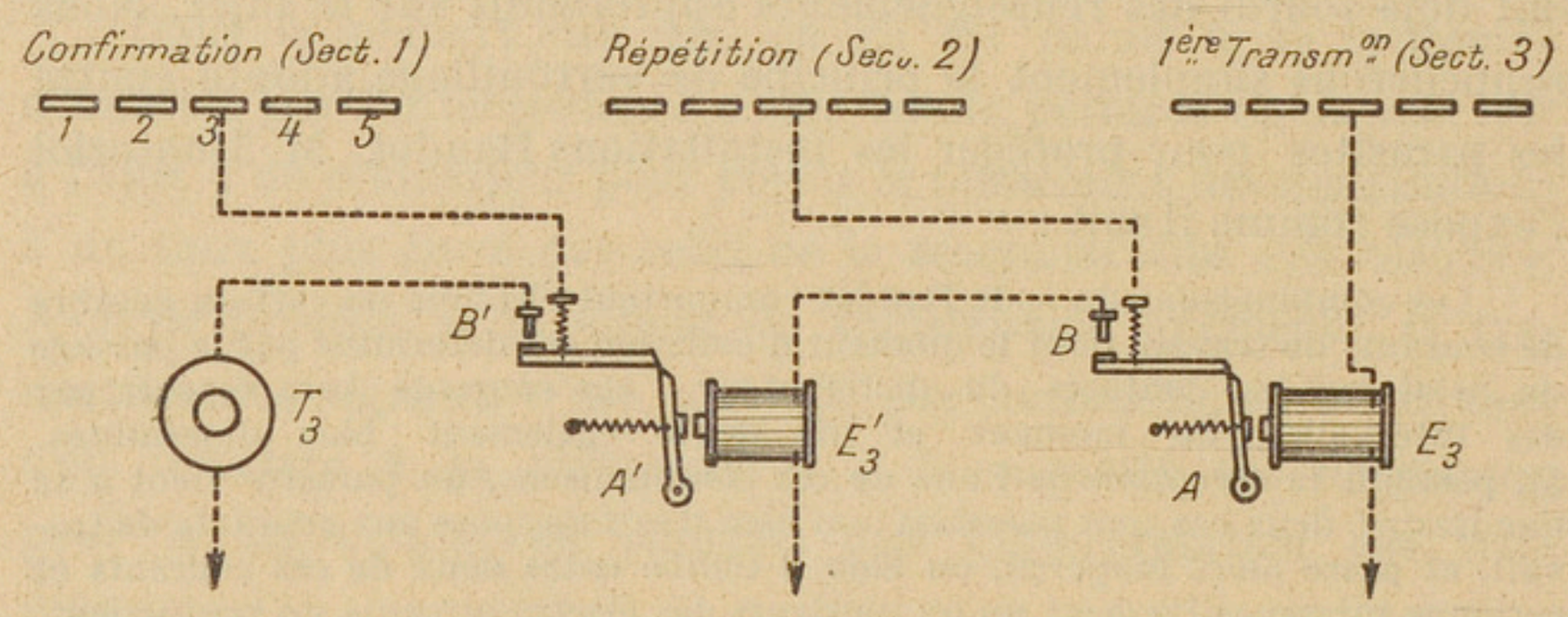


Fig. 5.

met de même le 3e électro-aiguilleur T_3 en communication avec le contact 3 du premier secteur, tandis que le levier L est ramené mécaniquement au repos : le premier groupe est prêt à emmagasiner une nouvelle combinaison avant même que la précédente ne soit traduite. Enfin le courant confirmatif, tombant sur le contact 3 du premier secteur, va actionner l'électro-aiguilleur T_3 du traducteur par l'intermédiaire de L' et B'. Aussitôt après, le levier L' est ramené au repos.

Admettons maintenant que le premier courant qui a parcouru E_3 soit un parasite : l'électro-aimant a fonctionné tout comme s'il s'agissait d'un courant de travail et a mis E'_3 en communication avec le secteur 2. Pour que ce dernier soit lui-même actionné, il faudra qu'au septième tour un nouveau parasite tombe au moment précis du passage du balai sur le 3e contact du secteur 2 (1/100 de seconde au sextuple). Si cela n'a pas lieu, le levier L, de E_3, étant, dans tous les cas, rappelé au repos, toute trace du premier parasite est effacée. Si cependant le hasard veut qu'un nouveau parasite se manifeste sur le 3e contact du secteur 2, l'emmagasineur E'_3 est actionné, mais le récepteur n'en est pas encore affecté : il ne pourrait l'être qu'au treizième tour, si la malchance voulait qu'un troisième parasite arrivât juste au moment du passage du balai sur le 3e contact du secteur 1. Or, comme il est dit plus haut, l'expérience, confirmant le calcul, a prouvé qu'il n'en est, en quelque sorte, jamais ainsi, et que le parasite est toujours effacé, sinon à la première répétition, tout au moins lors de la seconde. C'est seulement dans le cas où les parasites seraient *exceptionnellement* nombreux que le récepteur pourrait enregistrer, de temps à autre, une fausse lettre ; il y aurait là une gêne supportable, tandis qu'en pareil cas *aucun autre système ne pourrait fonctionner...*

Le tableau ci-dessous démontre qu'une même lettre peut être *altérée à trois reprises différentes sans que la traduction soit nécessairement déformée.*

ÉMISSIONS.	CONTACTS :					COMBINAISONS		
	1	2	3	4	5	transmises.	reçues.	emmagasinées
1er tour.....		+	+	+		Y	F	F
2e tour.....	+	+	+		+	Y	V	I
3e tour.....			+	+	+	Y	R	Y

Sur ondes longues, les courants de synchronisme sont protégés au moyen du même principe de répétition différée des signaux.

Un dispositif spécial permet à l'organe correcteur de ne répondre qu'à une suite de trois impulsions rythmées et dont le cycle est ininterrompu. Des parasites individuels demeurent ainsi sans effet sur le synchronisme ; d'ailleurs, dans les applications radio-électriques, les vitesses relatives des installations Baudot et les décalages provoqués par le fonctionnement de la « correction » sont réglés à une valeur telle, que l'apparition de quelques « coups de correction » intempestifs n'apporte aucun trouble dans la traduction.

Des précautions sont enfin prises pour soustraire le fonctionnement du relais récepteur aux variations inévitables du niveau des courants émanant de l'antenne réceptrice. Elles seront indiquées lors de la description des dispositifs employés sur ondes courtes.

Résultats d'exploitation. — Deux postes émetteurs à lampes, établis à Croix d'Hins, et commandés du poste central télégraphique de Paris, sont affectés aux communications unilatérales avec l'Afrique du nord.

Le trafic total effectué par ces deux postes en 1932 a été de 21.694.602 mots taxés, se décomposant comme il suit :

FYK (Alger, Oran, Constantine).... 13.091.613 mots taxés.
FYF (Rabat, Tunis)..... 8.602.989 mots taxés.

Le plus fort rendement atteint dans une journée et sur un seul émetteur (FYK) est supérieur à 65.000 mots taxés ; les journées où, suivant les fluctuations du trafic concédé à la T.S.F., le rendement par installation Baudot atteint 50.000 mots taxés ne sont pas rares. L'éloquence de ces chiffres est tout à l'honneur du personnel chargé de desservir ces installations spéciales.

Adaptation du baudot aux ondes courtes. — Le mode de protection employé sur les ondes longues pour soustraire l'appareil Baudot à l'influence des parasites a été expérimenté sur une communication à très grande distance. Des essais eurent lieu entre Paris et Tananarive en 1926. A cette époque, les ondes courtes n'étaient pas encore entrées dans le domaine de la pratique et les communications à grande distance étaient établies sur très grandes ondes ; les émetteurs utilisés étaient des arcs ou des alternateurs à haute fréquence, d'une puissance considérable : 500 et même 1000 kilowatts.

La tentative faite dans le but d'adapter le baudot à ces émissions a révélé l'impossibilité dans laquelle, en pratique, on se trouvait de manipuler à grande vitesse des puissances radio-électriques aussi importantes, du fait de l'inertie mécanique des « clés » de manipulation. Le remplacement de ces organes par des dispositifs mieux appropriés aurait conduit à des solutions délicates et onéreuses. Cette considération a fait abandonner le projet, bien que des résultats tangibles aient été obtenus, *même avec les clés de manipulation existantes*, reconnues insuffisantes pour la manipulation rapide du baudot.

Le développement de la technique des ondes courtes porte le problème des communications à grande distance sur un tout autre terrain. A l'économie de premier établissement et de puissance rayonnée, s'ajoute, pour ces ondes, une facilité de manipulation remarquable, celle-ci ayant généralement pour point de départ la grille d'une lampe intermédiaire de très faible puissance. Dès lors, les projets les plus hardis deviennent réalisables, et il est juste de vouloir tirer le maximum de profit de cette nouvelle conquête de la science. Les communications coloniales, en premier lieu, semblent

pouvoir bénéficier, dans une très large mesure, des progrès qu'il est déjà possible d'envisager. L'établissement économique des stations à grande distance, conjugué à une sécurité plus grande et à un rendement élevé des installations, doit finalement se traduire par un service de toute première qualité, parfaitement adapté aux besoins de la clientèle et consenti à un prix avantageux.

Dans cette voie, l'appareil Baudot peut apporter, par ses propriétés caractéristiques, un précieux tribut au service des communications lointaines. Il nous paraît être l'appareil le mieux indiqué pour combattre *simultanément* l'effet nuisible des parasites et des fading qui affectent les communications par ondes courtes, et celui qui offre la garantie maximum de qualité et de rendement. Ainsi qu'on va le voir, son utilisation sur ondes courtes conduit à une solution toute différente de celle qui a été exposée au chapitre des ondes longues.

Protection simultanée contre les parasites et le fading. — Ces deux perturbations donnent lieu, comme nous le savons, à des effets opposés : alors que les parasites s'inscrivent en *excédent* pour donner des signaux supplémentaires, le fading produit des lacunes dans la transmission, lacunes qui se traduisent, si l'on peut dire, par « l'escamotage » d'une partie plus ou moins importante des signaux. Les baudotistes traduisent ces manifestations en disant que la réception est altérée par des « manques » et des « débordements ».

Il a été possible de remédier simplement à ces déformations contraires de la façon suivante.

Tout d'abord, les parasites sont traités de manière à ce que, au lieu de produire des « débordements » comme dans les réceptions ordinaires, ils provoquent des « manques », de manière à se confondre avec une manifestation du fading. On opère ainsi (fig. 2) : A la réception, deux récepteurs sont utilisés : le premier est accordé sur l'onde à recevoir du correspondant et commande le relais récepteur proprement dit R ; *le second, accordé sur une onde très voisine,* commande un relais auxiliaire, Ra qui a pour rôle de couper, lorsqu'il fonctionne, le circuit secondaire du relais principal R. Dans ces conditions, en l'absence de parasites, les signaux de trans-

mission sont normalement reçus et enregistrés par la réception principale, qui seule est actionnée. Au contraire, si des parasites se manifestent, *les deux réceptions entrent en jeu simultanément* et les armatures des deux relais se placent sur « travail ». Dans cette position, l'installation Baudot est verrouillée : aucun courant, *parasite ou signal*, ne peut agir sur elle. On voit que les parasites ne peuvent apparaître sur la bande de réception ; mais, par contre, il peut arriver que des signaux utiles soient supprimés pendant le verrouillage de l'installation sous l'effet d'un train de parasites.

Pour rétablir une traduction correcte, il ne reste plus qu'à

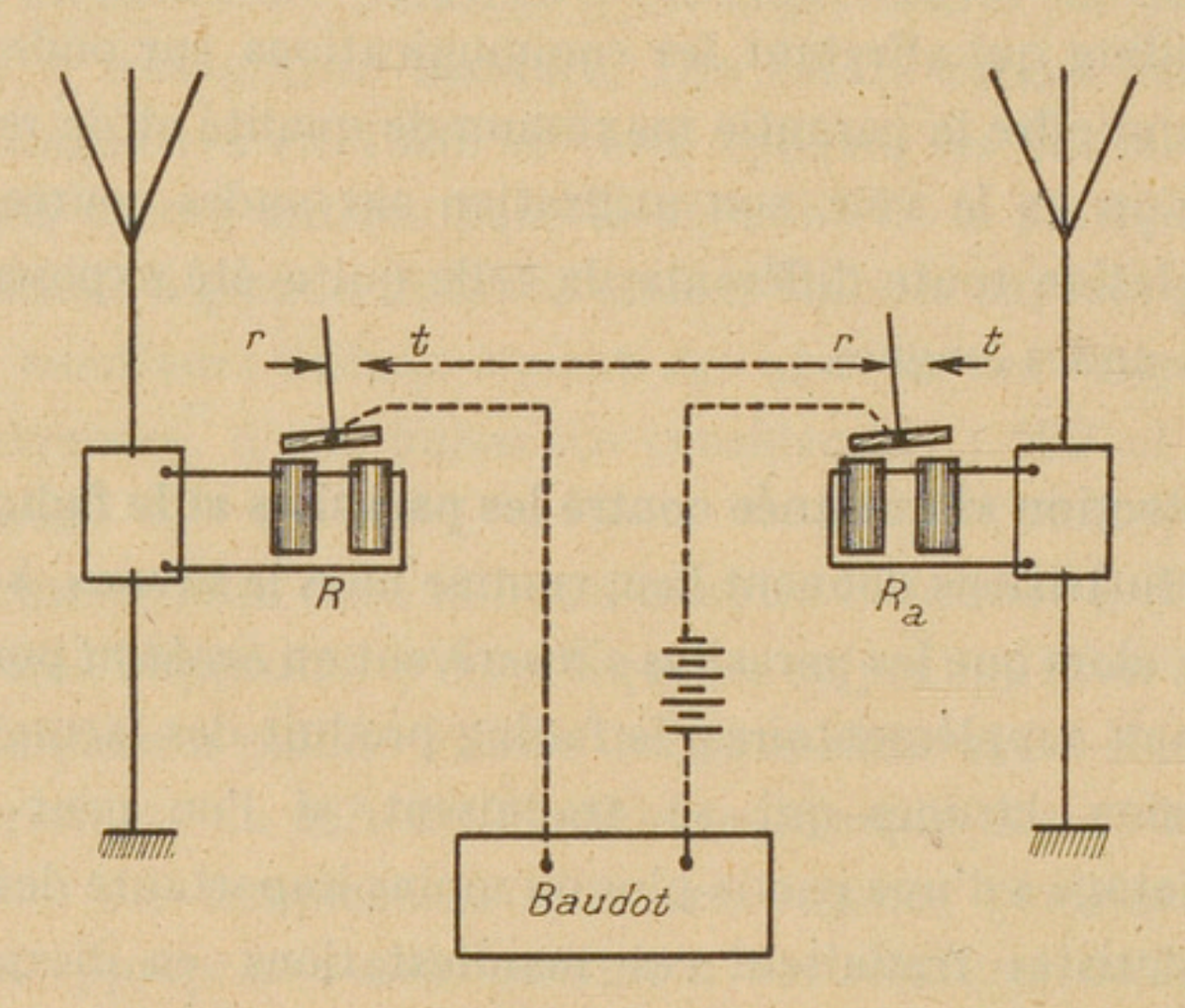


Fig. 2.

combler les lacunes dues aux parasites, comme on vient de le voir, ou au fading. La répétition différée des signaux a de nouveau été mise à contribution. Au poste transmetteur, le cycle de l'émission d'un signal et de ses confirmations s'effectue selon un procédé analogue à celui qu'on emploie sur ondes longues. A la réception, les répétitions successives d'un même signal sont utilisées d'une façon différente : alors qu'elles concourent, sur ondes longues, pour donner un effet *soustractif* des courants *non communs* aux trois temps de répétition, le montage, sur ondes courtes, des répéteurs a lieu de manière à produire un *effet totalisateur* de l'ensemble des courants reçus au cours des trois temps de répétition. Il a suffi

pour cela de substituer au montage en série le montage en dérivation, des contacts établis par les répéteurs (fig. 3).

La traduction, comme on le voit, correspond à la somme des signaux reçus sur l'ensemble des secteurs conjugués entre eux pour constituer une voie de transmission. Il est clair que, dans la réalité, contrairement au schéma de principe de la figure 3, les confirmations d'un signal donné n'ont pas lieu dans une même révolution des balais, mais bien avec un décalage, choisi arbitrairement, et qui est généralement de l'ordre de 150 tours

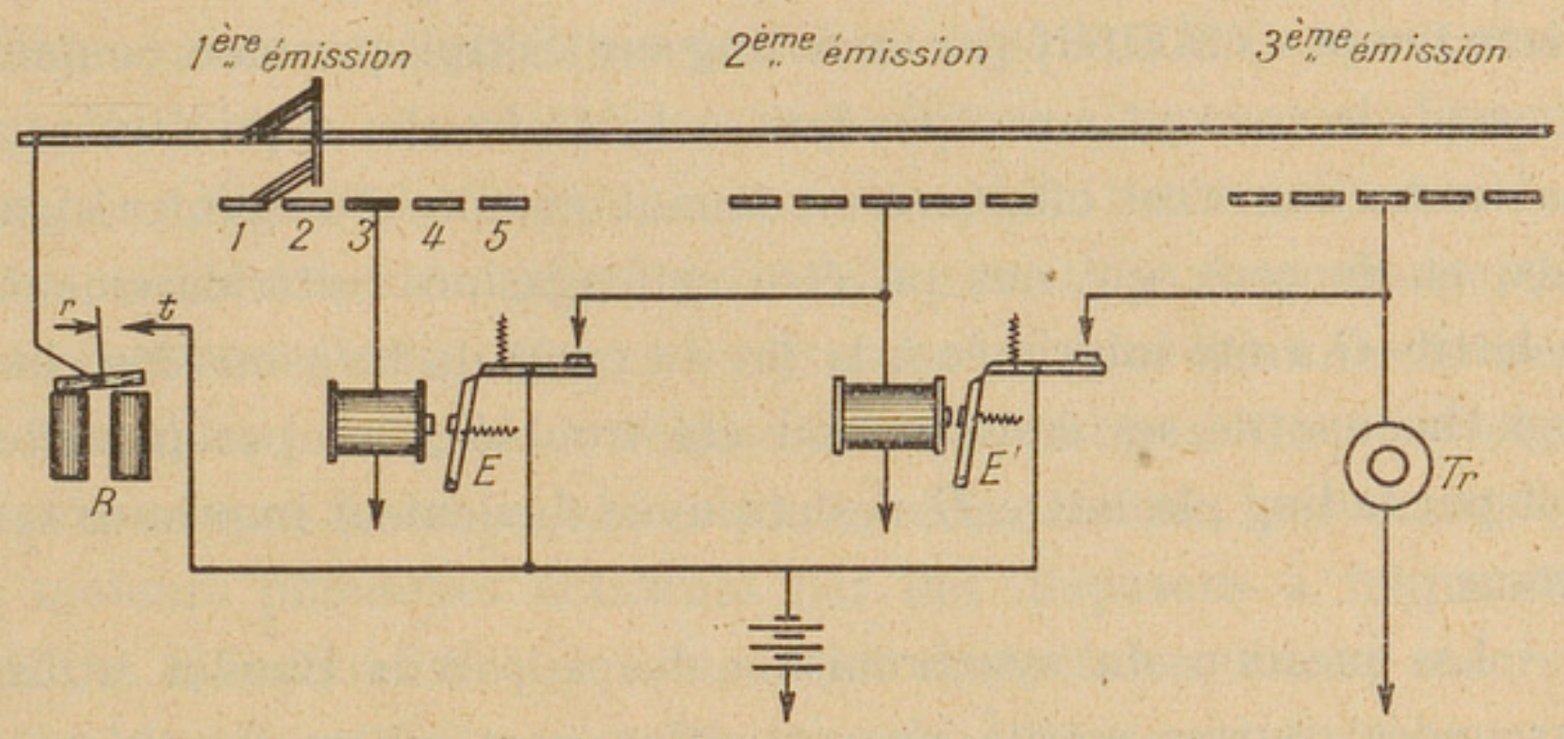


Fig. 3.

des balais du distributeur. A cet effet, les électro-aimants E et E_1 provoquent le contact de leur armature avec un retardement égal au décalage choisi pour les répétitions.

Les appareils répéteurs seront décrits plus loin.

Le tableau ci-dessous montre comment se comporte, en pré-

	EMISSION (contacts).					RÉCEPTION (contacts).					OBSERVATIONS.	COMBINAISONS		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		reçues.	emmagasinées	imprimées.
1er temps.		+		+		—	—	—	—	—	parasite	néant.	néant.	
2e temps.		+		+			+	..	..	..	fading	E	E	
3e temps.		+		+		..	..	..	+		fading	blanc des chiffres.	E	G

(Les traits pleins représentent un trouble par parasites ; les traits pointillés, un trouble par fading.)

sence des perturbations, la traduction d'une lettre émise selon le principe de la répétition différée et avec un montage totalisateur. On a choisi la transmission de la lettre *G* (travail sur contacts 2 et 4) :

En examinant le mécanisme de la réception figurée ci-dessus, on voit que, la première émission de la lettre *G* ayant été troublée par un long parasite, l'installation s'est trouvée verrouillée et aucun signal, normal ou parasite, n'a été enregistré. Au deuxième temps de l'émission, un fading a supprimé l'élément de signal correspondant au 4e contact : au lieu d'un *G*, on a reçu et enregistré un *E*. Le troisième temps a été altéré par un fading sur les trois premiers contacts et, seul, le courant correspondant à la 4e touche a pu être reçu. La traduction s'est effectuée en tenant compte du dernier signal reçu et de ceux qui ont pu être emmagasinés antérieurement : la lettre *G* a été imprimée à la fin du cycle de transmission, bien que chacune de ses émissions ait été troublée, soit par parasites, soit par fading ; la lettre *G* s'est trouvée finalement imprimée sans erreur.

La question du synchronisme des appareils Baudot utilisés sur ondes courtes mérite une attention particulière. Les signaux intempestifs sont, par le jeu de la double réception et du verrouillage qui en résulte, sans effet sur l'installation réceptrice. Les parasites ne peuvent donc provoquer aucune « correction » fâcheuse de la vitesse, et il n'est plus nécessaire d'utiliser, dans ce cas, un protecteur de synchronisme. Un autre inconvénient surgit cependant avec le fading : les courants de synchronisme peuvent être supprimés pendant 10, 15, 20 secondes et même davantage. En 20 secondes, les balais d'un distributeur Baudot font 60 révolutions. De plus, la qualité de l'isochronisme qu'il est possible d'obtenir avec les moteurs et régulateurs employés normalement pour l'entraînement des balais est telle, qu'une correction est nécessaire tous les deux ou trois tours pour que le synchronisme entre les installations soit maintenu avec une marge certaine de bon fonctionnement. Les lacunes dues au fading ne permettent plus d'adopter un réglage des vitesses basé sur un écart aussi grand ; mais, au contraire, on est conduit à prendre des vitesses très rapprochées, de manière à ce que le système correcteur n'ait à fonctionner que

très rarement, par exemple tous les 80 ou 100 tours des balais, et que, de plus, il n'ait à produire qu'un très faible décalage mécanique (1 /20 de contact). Dans ces conditions, en se plaçant dans le cas le plus défavorable, la suppression des courants de correction, pendant un laps de temps même important, n'a aucune influence sur la précision du synchronisme compatible avec le fonctionnement normal d'un baudot sextuple.

Tel qu'il vient d'être défini, le rapport entre les vitesses des installations capables de fonctionner malgré les difficultés du fading nécessite une précision de l'ordre de 1 /50.000. Ce résultat ne peut être obtenu avec les divers dispositifs employés normalement dans la télégraphie française par fil, pour l'entraînement des balais, car la moindre variation dans les conditions de graissage, de frottement ou d'échauffement suffit pour modifier dans des limites inadmissibles la vitesse de régime des installations. On est obligé d'avoir recours à des systèmes plus précis, comme, par exemple, les moteurs phoniques actionnés par des diapasons à fréquence faible et entretenus électriquement par contacts ou, mieux encore, à des alterno-moteurs contrôlés par des diapasons à fréquence élevée (600 périodes), dont l'entretien est obtenu par amplificateur.

Contacteurs automatiques à grand décalage. — La répétition différée des signaux donne lieu, sur ondes courtes, comme on l'a vu, à une application toute différente de celle qu'ont déjà exposée MM. Montoriol et Raynaud à l'occasion des expériences faites et des liaisons établies au baudot sur ondes longues. L'allure des perturbations engendrées par le fading entraîne l'emploi de contacteurs construits pour permettre un grand décalage de cause à effet, c'est-à-dire une plus grande période d'emmagasinement des signaux.

Voici la description du type d'appareils utilisés au cours des derniers essais, et qui a donné d'excellents résultats en même temps qu'une grande sécurité de fonctionnement (fig. 4 et 5).

Un cylindre à double paroi concentrique est percé, circonférentiellement, de cinq rangées de trous, dans lesquels viennent se loger de petits goujons cylindriques en acier. Ceux-ci, grâce à un feutrage huilé interposé entre les cinq rangées de goujons, peuvent

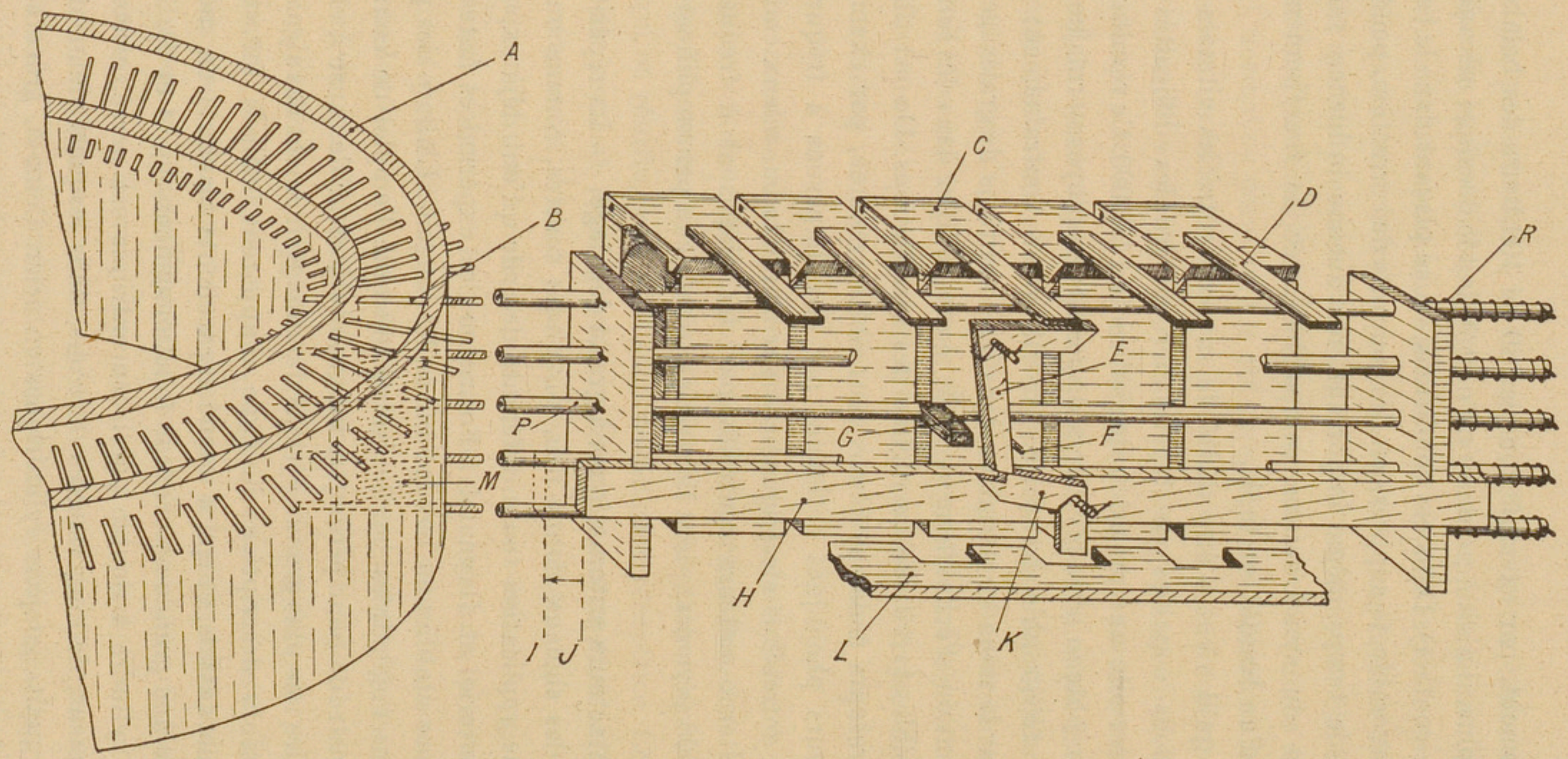


Fig. 4.

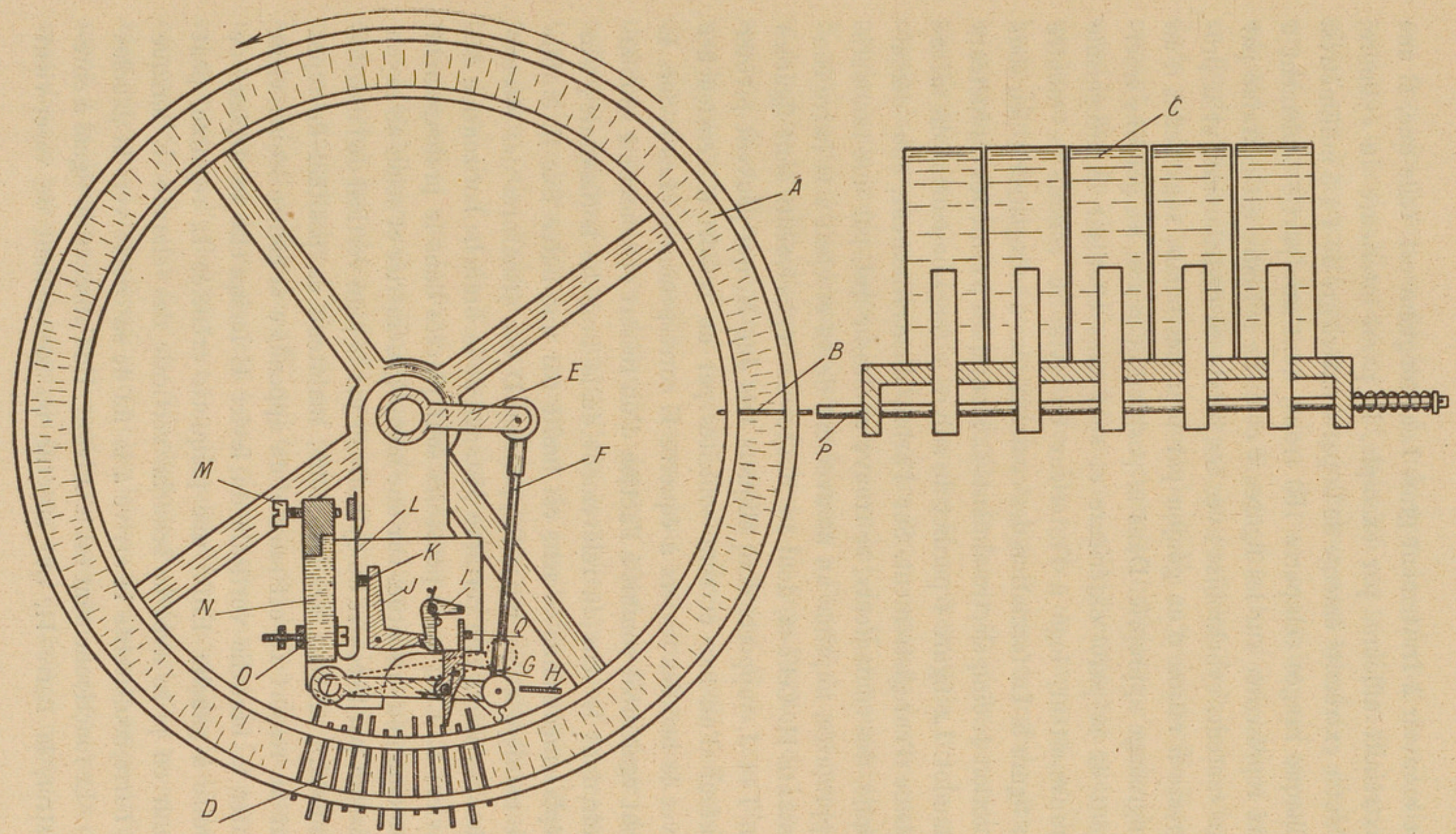


Fig. 5.

se mouvoir à frottement gras. Leur longueur est telle que, si une extrémité affleure, par exemple, la paroi intérieure du cylindre, l'autre extrémité émerge de la paroi extérieure de 4 à 5 millimètres. Chaque rangée comporte 160 trous, dont une partie seulement a été représentée sur les figures 4 et 5. Le cylindre est entraîné par un moteur, synchronisé avec les balais du distributeur, et il progresse à raison d'un goujon par tour des balais, sous l'effet d'un engrenage approprié. Dans la position de repos, les goujons émergent de la paroi extérieure et sont sans effet sur le mécanisme transmetteur, logé à l'intérieur du cylindre comme le montre la figure 5. La formation des combinaisons à enregistrer a lieu sous l'action de cinq électro-aimants C, identiques à ceux des traducteurs Baudot. La figure 4 permet de suivre le fonctionnement du mécanisme d'enregistrement. Sur l'arbre d'entraînement, non démultiplié, des contacteurs, se trouve une came qui, par une timonerie appropriée, imprime un mouvement de va-et-vient à la barre coulissante H. Celle-ci, dont les limites de déplacements sont figurées en I et J, supporte cinq cliquets tels que K, qui peuvent pivoter autour d'un axe et sont sollicités par un ressort à s'enclencher avec le bec des leviers à équerre E correspondants. Les leviers E sont également soumis à l'action d'un ressort et tendent à se mouvoir dans le sens du relèvement de la branche horizontale ; leur déplacement dans ce sens est limité par une butée fixe F, établie de manière qu'au repos l'appendice D des armatures des électro-aimants soit à une certaine distance de la branche horizontale des leviers E. Cinq tiges-poussoirs sont placées dans le prolongement des cinq goujons situés sur une même génératrice et selon un rayon passant par le centre du cylindre et par le plan vertical de l'axe des poussoirs. Chacun des poussoirs, maintenu en position de repos par un ressort R, est muni d'un appendice G contre lequel vient buter la branche verticale du levier E lorsqu'elle se déplace de droite à gauche. Enfin une plaquette crénelée L, réglable, peut venir en prise avec la branche verticale des cliquets K lorsque la barre coulissante H arrive à la fin de sa course vers la gauche.

Le fonctionnement est le suivant : En l'absence de signal à enregistrer, la barre H, qui effectue un mouvement de va-et-vient

par tour des balais, se déplace *à vide* vers la gauche, c'est-à-dire sans que le levier E considéré soit entraîné par le cliquet K, lequel glisse sur l'extrémité de son bec inférieur sans produire d'effet sur le poussoir, qui reste au repos. Si, au contraire, un courant est envoyé dans l'électro-aimant C, son armature est attirée et, *en fin de course*, l'appendice D frappe, en profitant de la force vive de la palette, sur la branche horizontale de E ; ce levier oscille légèrement autour de son axe et son extrémité inférieure s'enclenche avec le bec du cliquet K, dont l'emprise n'était empêchée que par quelques dixièmes de millimètre. Dès lors, au moment où la barre H se déplacera vers la gauche, la tige P sera entraînée dans le mouvement, du fait de la solidarité du levier E et du poussoir, par l'appendice G. Lorsque la branche H arrivera à la fin de sa course, la branche verticale de K viendra buter contre la dent correspondante de la plaquette L et, le mouvement de H se poursuivant, K sera contraint de tourner contrairement à l'appel de son ressort et à perdre le contact avec le bec du levier E. Sous l'action de leurs ressorts, E et P reprendront leur position de repos. Il va sans dire que le mouvement de P est combiné de manière à ce qu'il s'effectue au moment où un goujon se trouve dans son prolongement ; ce dernier, enfoncé sans difficulté, émerge alors à l'intérieur du cylindre, contrairement aux goujons restés en position de repos. Cette disposition donne le maximum de sensibilité, puisque l'électro-aimant n'a d'autre travail à produire que l'enclenchement, très doux, de E et de K, lorsque l'entrefer de l'électro-aimant est presque nul et que la force vive est maximum.

L'établissement des contacts de répétition des combinaisons enregistrées est obtenu de la manière suivante : L'arbre d'entraînement du cylindre A (fig. 5) est creux et donne passage à un axe sur lequel est calé le bras E, qui transmet, par le jeu d'une came, un mouvement de va-et-vient à une pièce S pivotant en T. La came est montée sur l'arbre moteur non démultiplié, de sorte que le déplacement de la pièce S a lieu *une fois par tour des balais* et à un moment bien déterminé. La pièce S porte cinq leviers G, disposés respectivement à la hauteur des cinq rangées de goujons. Lorsque ceux-ci sont dans la position de repos, ils émergent à l'extérieur, comme on

l'a vu, et n'entrent pas en contact avec les leviers G ; le mouvement rythmé de S reste sans effet. Au contraire, le passage d'un goujon en position de travail provoque une rotation du levier G autour de son axe, la grande branche quitte son point d'appui Q et l'angle du levier G se glisse sous le bec extrême du levier J. Dans ces conditions, lorsque le déplacement de G se produira, le levier J oscillera et provoquera, par l'intermédiaire d'un canon isolant K, l'appui du ressort de contact avec la vis M, laquelle est normalement isolée de la masse par une pièce en ébonite N. Cette position de contact sera maintenue par l'encliquetage du cliquet de retenue I avec le second bec du levier J. Au tour suivant des balais, c'est-à-dire au prochain déplacement de la pièce G, *si un nouveau goujon n'a pas déplacé le levier* G de son point d'appui Q, la grande branche de G soulèvera le retour d'équerre de I, et le levier J ainsi libéré reviendra au repos sous l'action du ressort-lame en rompant le contact entre les vis O et M. On voit que la durée d'établissement d'un contact sous l'effet d'un goujon est égale au temps qui sépare deux battements successifs de S : c'est le temps mis par les balais pour effectuer une révolution. La came actionnant E est calée de manière à ce qu'elle entre en jeu au moment où les balais passent sur le secteur *opposé* à celui par lequel la répétition doit s'effectuer. Enfin les goujons sont ramenés au repos par un plan incliné H. L'ensemble du système répéteur, situé à l'intérieur du cylindre A, peut être orienté à volonté, et de cette façon la durée d'emmagasinement des combinaisons peut-être choisie à volonté entre 1 et 150 tours des balais du distributeur.

Nivellement des courants issus de l'antenne réceptrice. — Le baudot sextuple peut-être considéré comme l'appareil télégraphique exigeant pour son fonctionnement la plus grande précision de la valeur des signaux, tant en longueur qu'en intensité.

Par contre, la caractéristique des ondes courtes est de se propager d'une manière très irrégulière et de donner naissance, à la réception, à des courants dont l'intensité est extrêmement variable. Il convenait donc, en premier lieu, de réduire au minimum les caprices de la propagation et de ramener à des limites plus rai-

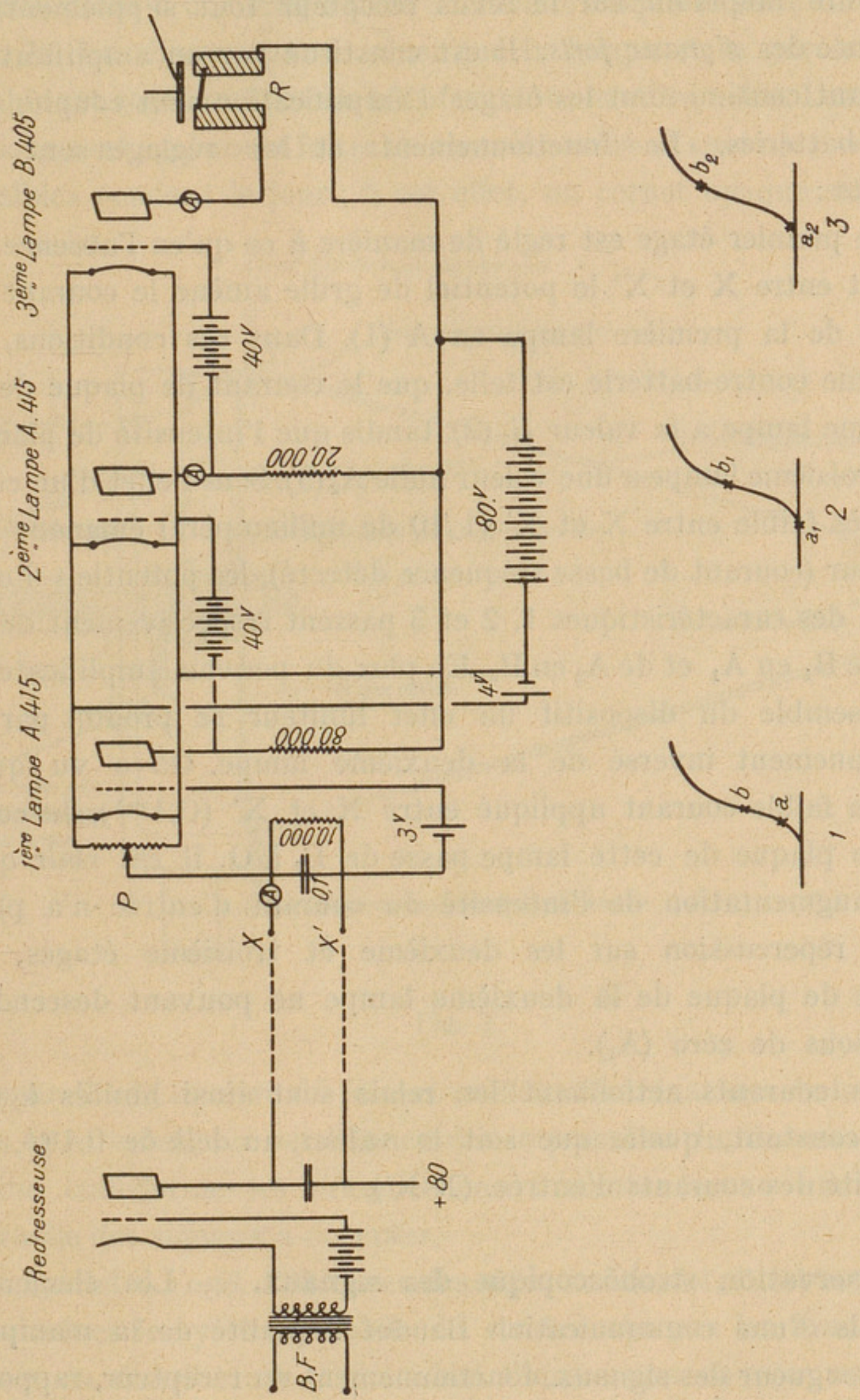

1ère Lampe A.415
2ème Lampe A.415
3ème Lampe B.405
R
P
X
X'
40V
40V
20.000
80.000
10.000
0,1
3V
4V
80V
Redresseuse
+80
B.F
a
b
a1
b1
a2
b2
1
2
3

Fig. 6.

sonnables les soubresauts du milliampèremètre de réception.

La figure 6 représente le montage amplificateur-limiteur d'intensité réalisé dans le but de favoriser les *signaux faibles* et de rendre inopérant sur le relais récepteur tout supplément de puissance des *signaux forts*. Il est constitué par un amplificateur à courant continu dont les étages d'amplification sont couplés par contre-batteries. Le fonctionnement et les réglages sont les suivants :

Le premier étage est réglé de manière à ce qu'en l'absence de courant entre X et X' le potentiel de grille amène le courant de plaque de la première lampe en A (1). Dans ces conditions, la deuxième contre-batterie est telle, que le courant de plaque de la deuxième lampe a la valeur B_1 (2), tandis que l'intensité de plaque de la troisième lampe a une valeur nulle A_2 (3). Sous l'effet d'un courant très faible entre X et X' (1/10 de milliampère) émanant du récepteur (courant de basse fréquence détecté), les potentiels d'utilisation des caractéristiques 1, 2 et 3 passent respectivement de A en B, de B_1 en A_1 et de A_2 en B_2. En plus du pouvoir amplificateur de l'ensemble du dispositif un effet limiteur se produit par le fonctionnement inversé de la deuxième lampe. On a vu que, pour un faible courant appliqué entre X et X' ($0{,}1^{mA}$), le courant de plaque de cette lampe passe de B_1 à O. Il est clair que toute augmentation de l'intensité du courant d'entrée n'a plus aucune répercussion sur les deuxième et troisième étages, le courant de plaque de la deuxième lampe ne pouvant descendre au dessous de zéro (A_1).

Les courants actionnant les relais sont ainsi limités à un niveau constant, quelle que soit la valeur, au delà de $0{,}1^{mA}$, de l'intensité des courants d'entrée. (X-X').

Observation stroboscopique des signaux. — Les éléments essentiels d'une communication Baudot : qualité de la manipulation, longueur des signaux, fonctionnement du récepteur, rapport des vitesses, etc..., peuvent être observés d'une façon simple et avec certitude par le dispositif suivant :

Basé sur les précieuses propriétés de la lampe au néon, l'appa-

reil est constitué par un disque mince, de 12 centimètres de diamètre environ, pourvu d'une fente très étroite, derrière laquelle se trouve soit une petite lampe au néon, soit un miroir reflétant les illuminations d'une lampe fixée derrière le disque et selon un rayon (fig. 7). Le disque tourne, ainsi que la lampe et le miroir ; l'ensemble est contenu dans un bâti formant chambre noire. Les observations sont également faites en chambre noire et sont ainsi rendues possibles pendant le jour ; à cet effet, un cornet opaque soustrait

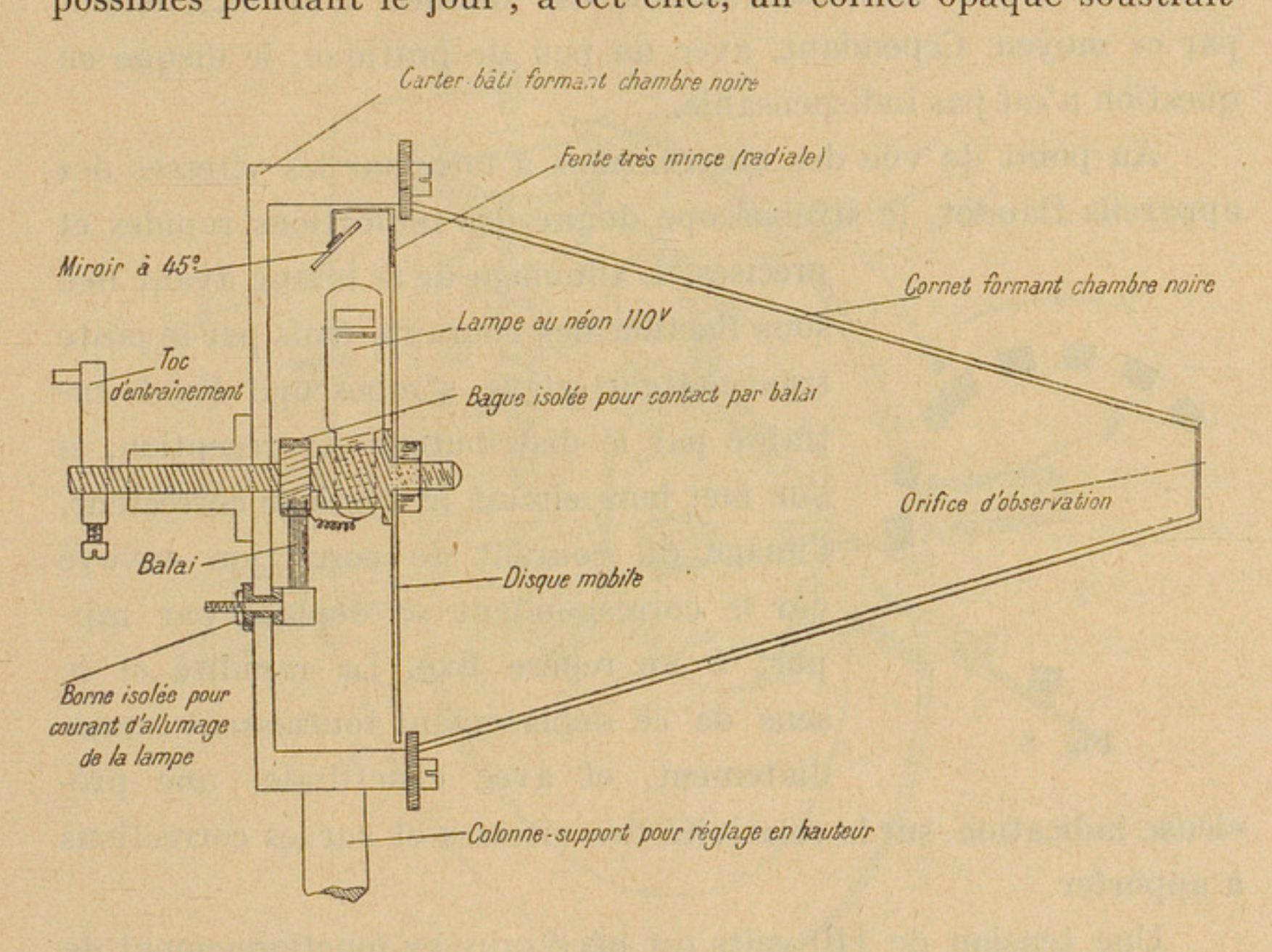


Fig. 7.

l'appareil à la lumière du jour et rend les illuminations de la lampe très apparentes. La persistance des impressions lumineuses sur la rétine transforme les illuminations instantanées en une image virtuelle des signaux à observer.

Quand il s'agit d'observer des signaux Baudot, il est commode d'entraîner le système mobile du stroboscope par les bras porte-balais du distributeur. On a ainsi l'impression de voir une couronne de distributeur où les contacts sous tension sont lumineux, alors que les autres demeurent obscurs. La figure 8 représente, par exemple, l'image vue au cours de la réception du courant de correc-

tion et de ceux qui correspondent à la lettre T sur les secteurs 2 et 3 et à la lettre G sur le secteur 4.

L'appareil représenté par la figure 7 peut être complété par un disque transparent sur lequel ont été tracées 32 fines génératrices (dans le cas d'observations à faire sur un baudot à 32 contacts). Ce disque, qu'il faut pouvoir orienter, prend appui en A et B. On a, de cette façon, la possibilité d'encadrer et de mesurer les signaux ; l'importance de leur déformation est donnée très exactement par ce moyen. Cependant, avec un peu de pratique, le disque en question n'est pas indispensable.

Au point de vue des observations à faire sur les vitesses des appareils Baudot, le stroboscope donne des indications rapides et précises. L'allumage de la lampe ayant lieu sous l'action des courants émis par le poste transmetteur et le stroboscope étant entraîné par le distributeur de réception, si l'on met hors circuit le système correcteur, l'image du courant de correction envoyé par le correspondant se déplace par rapport à un repère fixe. La rapidité et le sens de ce déplacement fournissent immédiatement, et avec exactitude, une précieuse indication. sur la relativité des vitesses et sur les corrections à apporter.

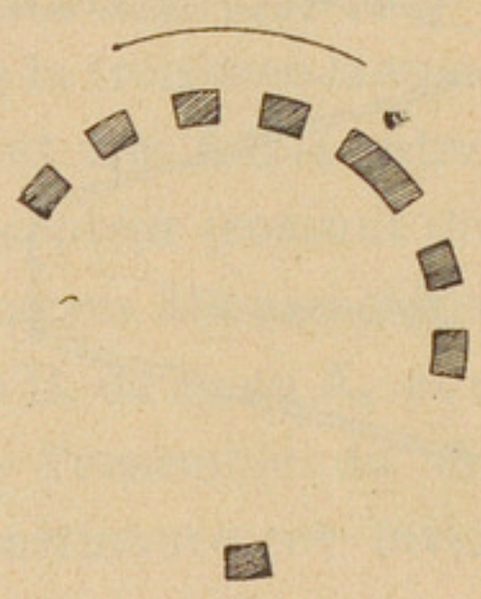


Fig. 8.

Une tension de 110 volts est nécessaire au fonctionnement de l'appareil (tension d'allumage de la lampe). S'il s'agit, par exemple, d'observer les battements d'un relais, il suffit de mettre le stroboscope en série avec une pile appropriée et soumise aux coupures du relais.

On observe d'ailleurs, par ce procédé, que la qualité des contacts établis par les relais électro-magnétiques laisse généralement beaucoup à désirer.

S'il s'agit d'opérer à la réception, le stroboscope peut être simplement commandé par un amplificateur, genre limiteur (voir plus haut), sur lequel est dérivé une faible partie des courants reçus. Dans ce cas, si la tension de plaque de l'amplificateur est infé-

rieure à 110 volts, il y a lieu de placer en série avec le stroboscope une pile auxiliaire, qui donne l'appoint nécessaire à l'allumage de la lampe.

Mise en phase des installations Baudot. — L'obligation dans laquelle on se trouve placé de régler les vitesses des distributeurs utilisés sur ondes courtes à des valeurs très rapprochées (écart

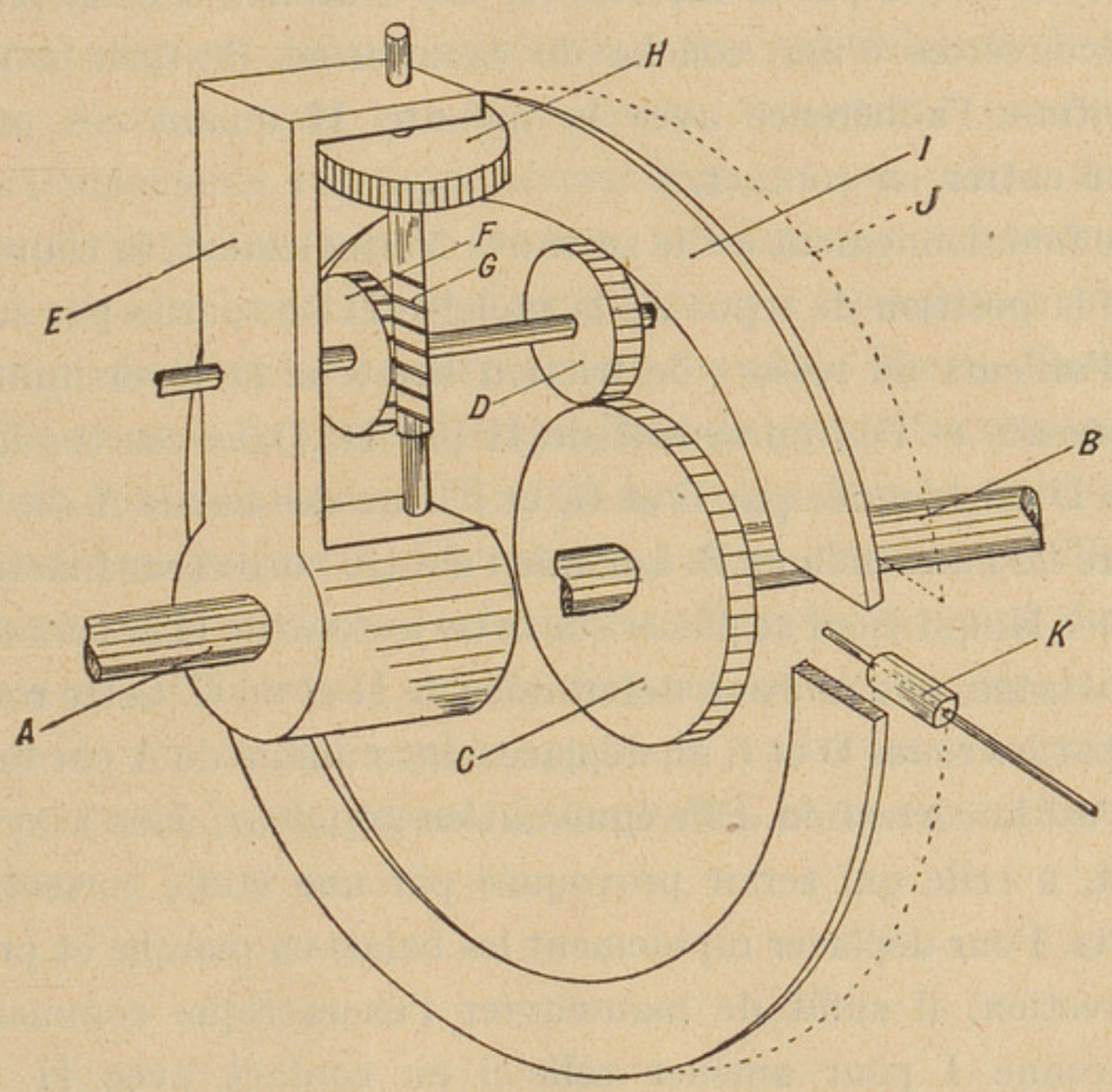


Fig. 9.

de 1 /50.000 seulement entre le correcteur et le corrigé) a entraîné la mise à l'étude d'un système correcteur spécial permettant de décaler rapidement *en marche*, les bras porte-balais par rapport à l'arbre moteur. La solution représentée par la figure 9 est en essai depuis un an ; elle donne de bons résultats.

La pièce E, calée sur l'arbre des balais, supporte les engrenages F et D. La roue F est commandée par la vis tangente G, laquelle est solidaire de la molette H. La roue D engrène avec la roue C, calée sur l'arbre moteur. De plus, une couronne I, concentrique à

la ligne d'axe AB, peut être déplacée parallèlement à la ligne d'axe à l'aide d'un excentrique non représenté sur la figure. De cette manière, la couronne I peut entrer en contact avec la molette H ou occuper la position J, en pointillé, et perdre le contact avec H. Une échancrure pratiquée dans la couronne I laisse le passage à une pièce K qui peut, sous l'action d'un électro-aimant non figuré, venir ou non se placer dans le champ de la trajectoire décrite par la molette H. La couronne I et la pièce K sont recouvertes d'une couche de caoutchouc, destinée à rendre plus intime l'adhérence avec la molette H quand ces organes doivent entrer en contact.

Le fonctionnement est le suivant : Normalement, la couronne I occupe la position de repos J ; la molette H ne tourne pas sur son axe ; d'ailleurs un ressort de friction empêche la réversibilité des mouvements et l'entraînement de H par D. Dans ces conditions, la roue D est bloquée par F et G, et l'arbre des balais A est rendu solidaire de l'axe moteur B. Lorsque l'électro-correcteur fonctionne, il déplace K, qui vient se placer sur la trajectoire de H et occasionne, à son passage, une rotation déterminée de H et de G. Cette rotation opère par les roues D et C un déplacement minime de A par rapport à B : c'est la correction. Elle équivaut en grandeur, dans le système Baudot, à celle qui serait provoquée par une étoile correctrice à 30 dents. Pour déplacer rapidement les balais en marche et prendre la correction, il suffit de manœuvrer l'excentrique commandant la couronne I pour amener celle-ci en contact avec H Cette manœuvre a pour résultat de faire tourner H d'un mouvement continu aussi longtemps que le contact est maintenu entre I et H. En trois secondes, les balais peuvent, par ce procédé, être décalés d'un tour complet par rapport à l'axe B.

En utilisant le stroboscope concurremment avec ce dispositif, il est possible d'accrocher le distributeur de réception sur le courant de synchronisme du poste émetteur dans le minimum de temps (*moins de cinq secondes*).

L'écart entre les vitesses des installations Baudot employées sur ondes courtes est trop faible, comme on l'a vu, pour qu'il soit possible d'attendre l'accrochage spontané des installations ; celui-ci

pouvant, dans les plus mauvaises conditions, ne se réaliser qu'après 4 heures, il est indispensable de le provoquer.

Résultats pratiques et conclusion. — La mise en œuvre des divers dispositifs qui viennent d'être décrits permet de considérer aujourd'hui le problème de l'adaptation du baudot aux communications établies par ondes courtes comme résolu pratiquement. Des expériences entreprises depuis plusieurs mois entre Rabat et Strasbourg ont donné des résultats très satisfaisants. Les installations d'essais, bien que non encore totalement pourvues des perfectionnements reconnus nécessaires, ont pu, même dans leur état embryonnaire, porter secours, aux liaisons marocaines existantes et participer dans une large mesure à l'écoulement du trafic au cours de plusieurs interruptions du câble Brest—Casablanca.

En résumé, l'appareil Baudot jouit de propriétés remarquables, qui, loin d'introduire des difficultés nouvelles dans les radio-communications, conduisent à des solutions aussi simples qu'efficaces et à des résultats pratiques inégalables. Dans le domaine des ondes courtes et des liaisons à grande distance, en particulier, la généralisation de son emploi semble appelée à rendre les plus grands services au profit du rendement, de la qualité, et du secret des communications.

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

SUR LE CALCUL DE L'AFFAIBLISSEMENT EFFECTIF D'UNE LIAISON TÉLÉPHONIQUE COMPLEXE,

par R. BIGORGNE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. L'AFFAIBLISSEMENT EFFECTIF : UTILITÉ DE SON CALCUL.

Le calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison constituée par un certain nombre de lignes ou de bureaux placés bout à bout est un problème qui se pose fréquemment en téléphonie : l'affaiblissement effectif d'un système de transmission caractérise, en effet, en première approximation tout au moins, le rendement en « volume » du système dans ses conditions précises d'emploi. Rappelons la définition de cette notion : l'affaiblissement effectif d'un système fermé à ses extrémités sur des impédances T et R est égal au demi-logarithme népérien du rapport ayant pour numérateur la puissance apparente qu'un générateur d'impédance T fournit à un récepteur d'impédance T et ayant pour dénominateur la puissance apparente que le même générateur fournit à un récepteur d'impédance R par l'intermédiaire du système considéré (C. C. I. 1931, *Livre rouge*, p. 34). Il n'est pas inutile de rappeler que l'affaiblissement effectif n'a de sens qu'en régime alternatif sinusoïdal et que la fréquence à laquelle on effectue sa détermination doit être précisée.

Une première application de la notion d'affaiblissement effectif se présente dans le calcul des équivalents de référence ;

on sait que le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance a fixé les limites maxima de l'équivalent de référence du système émetteur (et récepteur) national, c'est-à-dire du système constitué par le poste de l'abonné et toute la chaîne des lignes et des organes qui le rattachent à l'origine du circuit international. L'équivalent de référence de ce système complexe devrait, en principe, être déterminé par une comparaison téléphonométrique directe avec le système émetteur (ou récepteur) du Système fondamental européen de référence pour la transmission téléphonique (S.F.E.R.T.) ; une telle comparaison est évidemment impraticable et, en fait, on procède à cette détermination de la manière suivante.

On décompose le système national en deux parties : la première de ces parties, que nous appellerons *système local*, est constituée, par exemple, par le poste téléphonique lui-même ou encore par ce poste, par la ligne qui le raccorde à son bureau d'attache et par ce bureau lui-même ; la seconde partie, que nous appellerons simplement *liaison*, est constituée par la chaîne des lignes et des bureaux qui raccordent le système local à l'origine du circuit international.

La comparaison directe (ou indirecte) du système émetteur (ou récepteur) local au système émetteur (ou récepteur) du S.F.E.R.T. est une opération possible : on sait déterminer l'équivalent de référence b_T (ou b_R) de ce système local par des essais téléphonométriques appropriés. Pour en déduire l'équivalent de référence du système national, il faut faire intervenir les qualités de transmission de la « liaison ». On admet pour cela que la transmission des courants téléphoniques peut être assimilée à la transmission de courants sinusoïdaux de fréquence 800 p : s ; dans cette analogie, le système local devient un générateur de courants sinusoïdaux de fréquence 800 p : s, ayant une impédance T égale à l'impédance de sortie que le système émetteur local présente à 800 p : s, dans les conditions moyennes de fonctionnement, et ayant une force électromotrice dont la valeur E est liée à l'équivalent de référence b_T. Moyennant ces conventions, on peut démontrer (voir Appendice I) que l'équivalent de référence

du système émetteur national est égal à la somme algébrique :

$$b_T + B_{(T,\,600)} + \log_e \left| \frac{2\sqrt{T \times 600}}{T + 600} \right|,$$

$B_{(T,\,600)}$ désignant l'affaiblissement effectif, à 800 p : s, de la liaison fermée sur des impédances respectivement égale à T et à 600 ohms. On peut démontrer de même que l'équivalent de référence du système récepteur national est égal à la somme algébrique :

$$b_R + B_{(600,\,R)} + \log_e \left| \frac{2\sqrt{R \times 600}}{R + 600} \right|,$$

R désignant l'impédance d'entrée que présente le système récepteur local à la fréquence de 800 p : s, dans les conditions moyennes de fonctionnement, et B (600, R) désignant l'affaiblissement effectif, à 800 p : s, de la liaison fermée sur des impédances respectivement égales à 600 ohms et à R.

Il est à peine besoin de souligner le caractère conventionnel de ce calcul : dans la somme qui donne l'équivalent de référence, le premier terme (b_T ou b_R) exprime le résultat d'une mesure téléphonométrique ; le second et le troisième résultent, au contraire, de mesures ou de calculs effectués en régime sinusoïdal. Ce procédé de calcul est néanmoins considéré comme le plus logique, et son application conduit, en pratique, à des résultats satisfaisants.

Une seconde application importante de la notion d'affaiblissement effectif se présente dans la détermination de l'équivalent (affaiblissement effectif à 800 p : s sur 600 ohms) des lignes. Les services chargés de la maintenance des lignes régionales disposent d'appareils simples qui leur permettent de mesurer les équivalents : la question peut se poser, pour eux, de vérifier que le nombre trouvé expérimentalement pour l'équivalent d'une liaison téléphonique complexe correspond bien à la constitution (supposée connue) de cette liaison.

Qu'il s'agisse donc de la détermination des équivalents de référence du système émetteur (ou récepteur) national, qu'il s'agisse de calculs nécessités par des opérations de maintenance, le

problème se pose fréquemment en téléphonie de calculer l'affaiblissement effectif d'une liaison complexe. Nous nous proposons de décrire les procédés qu'utilisent parfois pour ce calcul les services de l'administration française des Postes et Télégraphes.

II. PROCÉDÉ DE CALCUL DE L'AFFAIBLISSEMENT EFFECTIF D'UNE LIAISON TÉLÉPHONIQUE COMPLEXE.

Le problème à résoudre consiste à calculer l'affaiblissement effectif, à 800 p : s, d'une liaison téléphonique constituée par un certain nombre de quadripôles Q_1, Q_2, Q_3..., de caractéristiques connues, mis bout à bout, la liaison complète étant raccordée, à ses deux extrémités, à des impédances données, T_0 et R_0.

A. Cas ou la liaison est constituée par une chaîne de quadripôles symétriques.

1° Expression de l'affaiblissement effectif. — Nous supposerons tout d'abord que tous les quadripôles sont symétriques. (Cette condition est pratiquement remplie pour les lignes téléphoniques.)

Désignons par

Z l'impédance caractéristique,

$g = b + ja$ l'exposant de propagation,

b l'exposant d'affaiblissement,

a l'exposant de déphasage,

mesurés à la fréquence de 800 p : s, de chacun des quadripôles symétriques mis bout à bout, chacune des lettres étant affectée d'un indice numérique, 1, 2 ou 3 correspondant au rang du quadripôle correspondant. (Q_1 est le quadripôle le plus voisin de l'impédance terminale R_0 ; le dernier quadripôle, Q_3 dans l'exemple choisi, est le plus voisin de l'impédance T_0).

Connectons, aux bornes d'entrée du quadripôle Q_3, un générateur à 800 p : s, d'impédance interne T_0 et de force électromotrice E, et connectons, aux bornes de sortie du quadripôle Q_1, un récepteur d'impédance R_0 ; ce récepteur est parcouru par un courant

d'intensité I ; l'affaiblissement effectif du système, mesuré dans ses conditions réelles de terminaison, $B\ (T_0,\ R_0)$, est défini par :

$$B\ (T_0,\ R_0) = \log^e \left| \frac{E}{2\ I\ \sqrt{T_0\ R_0}} \right| \text{ (népers).} \qquad (1)$$

Désignons (fig. 1) par T_p l'impédance d'entrée du quadripôle Q_p et par R_p l'impédance à laquelle sont raccordées ses bornes de sortie ; soit I_p l'intensité du courant mesuré aux bornes d'en-

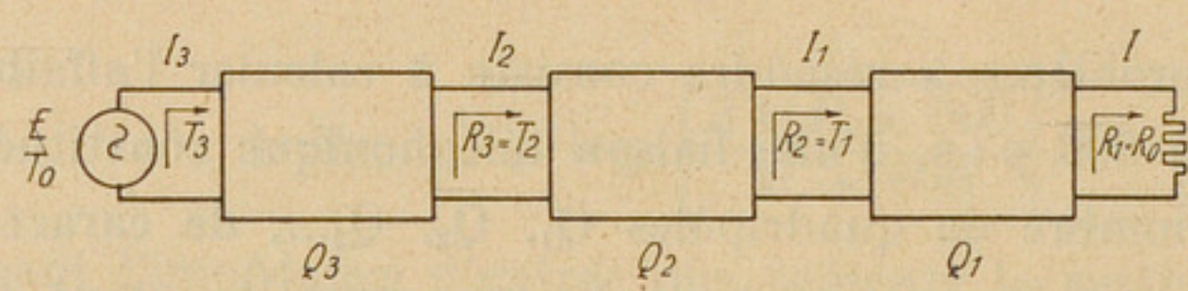


Fig. 1.

trée du quadripôle Q_p. On sait (Voir Appendice II) qu'entre les intensités $I_p + 1$ et I_p des courants mesurés aux bornes d'entrée et aux bornes de sortie du quadripôle Q_p existe la relation :

$$\frac{I_{p+1}}{I_p} = e^{g_p}\ \frac{R_p + Z_p}{T_p + Z_p} \qquad (2)$$

L'expression de l'affaiblissement effectif :

$$B\,(T_0, R_0) = \log_e \left| \frac{E}{2I\sqrt{T_0 R_0}} \right| = \log_e \left| \frac{E}{2\,I_3\sqrt{T_0 R_0}} \cdot \frac{I_3}{I_2} \cdot \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{I_1}{I} \right| \qquad (3)$$

peut donc s'écrire :

$$B\,(T_0, T_0) = \log_e \left| \frac{E}{2I_3\sqrt{T_0 R_0}} \cdot e^{g_3} \frac{R_3 + Z_3}{T_3 + Z_3} \cdot e^{g_2} \frac{R_2 + Z_2}{T_2 + Z_2} \cdot e^{g_1} \frac{R_1 + Z_1}{T_1 + Z_1} \right| \qquad (4)$$

Or E et I_3 sont liés par l'équation :

$$E = I_3\ (T_0 + T_3), \qquad (5)$$

de sorte que l'expression de $B\ (T_0,\ R_0)$ devient :

$$B\,(T_0, R_0) = \log_e \left| \frac{T_0 + T_3}{2\sqrt{T_0 R_0}} \cdot e^{g_3} \frac{R_3 + Z_3}{T_3 + Z_3} \cdot e^{g_2} \frac{R_2 + Z_2}{T_2 + Z_2} \cdot e^{g_1} \frac{R_1 + Z_1}{T_1 + Z_1} \right| \qquad (6)$$

ou encore :

$$B = b_1 + b_2 + b_3 + \log_e \left| \frac{R_1 + Z_1}{T_1 + Z_1} \right| + \log_e \left| \frac{R_2 + Z_2}{T_2 + Z_2} \right| + \log_e \left| \frac{R_3 + Z_3}{T_3 + Z_3} \right|$$
$$+ \log_e \left| \frac{T_0 + T_3}{2\ \sqrt{T_0\ R_0}} \right|. \qquad (7)$$

Cette formule montre que l'affaiblissement effectif du système s'obtient en faisant la somme algébrique :

des affaiblissements des p quadripôles mis bout à bout ;

de p termes correctifs ε_p (un terme ε_p par quadripôle Q_p) dont l'expression est :

$$\varepsilon_p = \log_e \left| \frac{R_p + Z_p}{T_p + Z_p} \right|,$$

Z_p désignant l'impédance caractéristique du quadripôle, R_p l'impédance raccordée à ses bornes de sortie, et T_p son impédance d'entrée ;

d'un terme correctif supplémentaire ε, dont l'expression est

$$\varepsilon = \log_e \left| \frac{T_0 + T_3}{2\sqrt{T_0 R_0}} \right|,$$

R_0 et T_0 désignant respectivement les impédances terminales raccordées au premier (Q_1) et au dernier quadripôle (Q_3) du système considéré et T_3 désignant l'impédance d'entrée de ce système, vue des bornes raccordées à l'impédance T_0.

2° Calcul des termes correctifs ε_1, ε_2... et ε. — Le calcul des termes correctifs ε_1, ε_2,... et ε nécessite la connaissance des impédances d'entrée T_1, T_2,..., T_3 des différents quadripôles mis bout à bout.

a) *Détermination des impédances d'entrée T_1, T_2, T_3 des différents quadripôles.* — On sait (voir Appendice II), que l'impédance d'entrée T d'un quadripôle symétrique d'impédance caractéristique Z et d'exposant de propagation g, fermé à ses bornes de sortie sur une impédance R, satisfait à la relation :

$$\frac{1 - \frac{T}{Z}}{1 + \frac{T}{Z}} = \frac{1 - \frac{R}{Z}}{1 + \frac{R}{Z}} \cdot e^{-2g} \qquad (8)$$

Cette relation permet de déterminer T quand R, Z et g sont connus ; lorsque cette détermination n'exige pas une précision rigoureuse, il est commode de recourir à une construction graphique qui évite de longs calculs.

Cette construction est basée sur l'étude de la fonction imaginaire :

$$\rho = \frac{1 - r}{1 + r}$$

de la variable imaginaire r. La relation qui lie r et ρ peut s'écrire :

$$(1 + \rho)(1 + r) = 2 \qquad (9)$$

Mise sous cette forme, cette relation montre que, dans le plan des imaginaires, on peut passer de l'affixe R du nombre r à l'affixe P du nombre ρ par la construction suivante (fig. 2) :

A désignant l'affixe du nombre — 1, construire l'inverse M du point R dans une inversion de centre A et de puissance + 1 ; construire, sur la droite AR, le point P' tel que AP' = 2 A M ; construire le symétrique P de P' par rapport à OX : P est l'affixe du nombre imaginaire ρ.

La relation (9) exprime, en effet, que les nombres $1 + r$ et $1 + \rho$ ont des arguments opposés et ont des modules dont le produit est égal à 2.

La construction indiquée ci-dessus peut être mise à profit pour calculer de proche en proche les impédances d'entrée des différents quadripôles mis bout à bout. La suite des opérations à effectuer est indiquée ci-dessous.

L'impédance $R_0 = R_1$ du récepteur étant connue, ainsi que l'impédance caractéristique Z_1 du quadripôle Q_1, on calcul le nombre imaginaire :

$$r_1 = \frac{R_1}{Z_1}.$$

(R_1 et Z_1 étant donnés par leur module et leur argument, le calcul de r_1 consiste seulement à faire le quotient des modules, opération qui peut être faite à la règle, et à faire la différence des arguments.)

r_1 étant connu, on en déduit le nombre imaginaire :

$$\rho_1 = \frac{1 - r_1}{1 + r_1}$$

par une opération graphique dont le principe a été indiqué plus haut et dont les modalités d'application sont données sous le titre III.

On forme ensuite le produit :

$$\tau_1 = \rho_1 \cdot e^{-2g_1}.$$

On connait l'argument — 2 a_1 du nombre imaginaire e^{-2g_1} ; son module e^{-2b_1} se lit dans une table (ou sur une échelle), de sorte que le calcul de τ_1 n'offre pas de difficulté.

τ_1 étant connu, on en déduit le nombre imaginaire :

$$t_1 = \frac{1 - \tau_1}{1 + \tau_1}$$

par une opération graphique analogue à celle qui a permis de déduire ρ_1 de r_1. Comme la relation précédente peut s'écrire :

$$\tau_1 = \frac{1 - t_1}{1 + t_1},$$

t_1, r_1 et g_1 satisfont à l'équation :

$$\frac{1 - t_1}{1 + t_1} = \frac{1 - r_1}{1 + r_1} \cdot e^{-2g_1}. \qquad (10)$$

Or on a posé $r_1 = \frac{R_1}{Z_1}$; on voit donc, en rapprochant la formule (10) de la formule (8), que t_1 n'est autre que le rapport $t_1 = \frac{T_1}{Z_1}$; on en déduit la valeur de l'impédance d'entrée T_1 du quadripôle Q_1.

T_1 étant aussi l'impédance de sortie R_2 du quadripôle Q_2, on calcule le nombre imaginaire

$$r_2 = \frac{R_2}{Z_2}$$

et, en recommençant, pour le quadripôle Q_2, puis pour le quadripôle Q_3, les opérations qui viennent d'être indiquées, on détermine successivement les impédances $T_2 = R_3$ et T_3.

Les impédances T_1, T_2, T_3 ayant été calculées et les impédances terminales T_0 et R_0 étant données, le calcul des termes correctifs ε_1, ε_2, ε_3 et ε devient possible.

b) *Calcul du terme correctif* ε_p *correspondant au quadripôle* Q_p. — Le terme correctif ε_p, correspondant au quadripôle Q_p peut s'écrire :

$$\varepsilon_p = \log_e \left| \frac{1 + \frac{R_p}{Z_p}}{1 + \frac{T_p}{Z_p}} \right| = \log_e \left| \frac{1 + r_p}{1 + t_p} \right|.$$

Au cours des opérations graphiques, décrites ci-dessus, qui ont permis de calculer l'impédance d'entrée T_p du quadripôle Q_p fermé, à ses bornes de sortie, sur l'impédance R_p, on a déterminé les modules des nombres imaginaires $1 + r_p$ et $1 + t_p$ (sur la figure 2 le module de $1 + r$ est représenté par la longueur du vecteur AR). Le module de leur quotient s'en déduit immédiatement et la valeur du terme correctif ε_p se lit dans une table (ou sur une échelle logarithmique).

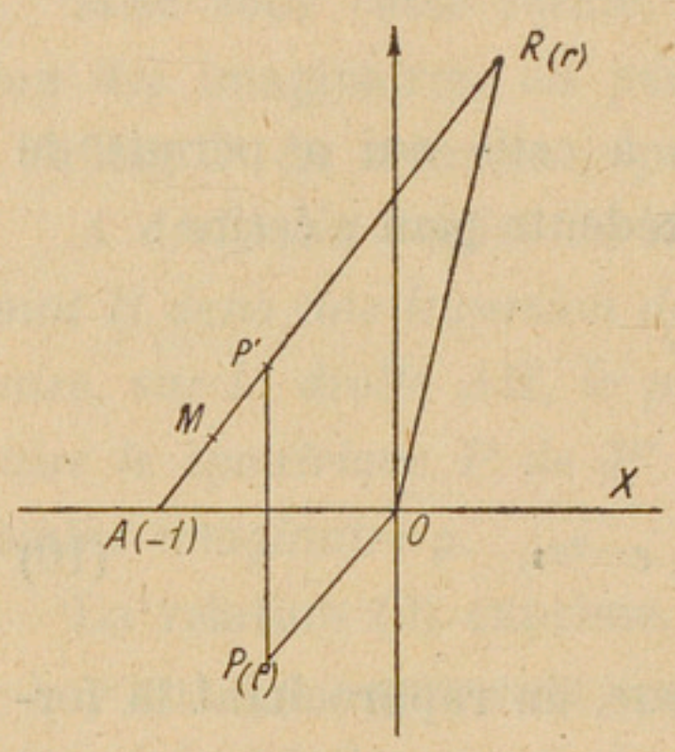


Fig. 2.

c) *Calcul du terme correctif* ε. — Le terme correctif ε peut se mettre sous la forme :

$$\varepsilon = \log_e \left| \frac{1 + \dfrac{T_3}{T_0}}{2\sqrt{\dfrac{R_0}{T_0}}} \right|.$$

T_0 R_0 et T_3 étant connus par leurs modules et leurs arguments, on calcule à la règle le module du dénominateur ; le module du numérateur peut être obtenu en calculant le nombre imaginaire :

$$t_0 = \frac{T_3}{T_0}$$

et en déterminant graphiquement le module de $1 + t_0$, Le module de quotient :

$$\frac{1 + \dfrac{T_3}{T_0}}{2\sqrt{\dfrac{R_0}{T_0}}}$$

étant connu, on lit dans une table (ou sur une échelle) la valeur ε de son logarithme.

B. Cas ou le système considéré comporte, en un de ses points, un organe placé en série ou en dérivation sur les fils de ligne.

On a supposé, dans tout ce qui précède, que les différents quadripôles symétriques mis bout à bout sont déterminés par leur impédance caractéristique et leur exposant de propagation. Or certains organes intercalés sur un système de transmission (relais de garde shunté, condensateurs placés en série sur un des fils de ligne, relais de fin placé en dérivation sur les fils de ligne) ne sauraient être assimilés à un véritable quadripôle. Il convient de chercher de quelle manière un tel organe influe sur la valeur de l'affaiblissement effectif du système dans lequel il est intercalé.

Supposons donc que l'un des quadripôles Q_p considérés dans l'exposé qui précède soit constitué simplement par une impédance, disposée soit en série, soit en dérivation sur les fils de ligne.

1° Cas d'une impédance Z_p placée en série (fig. 3). — Les

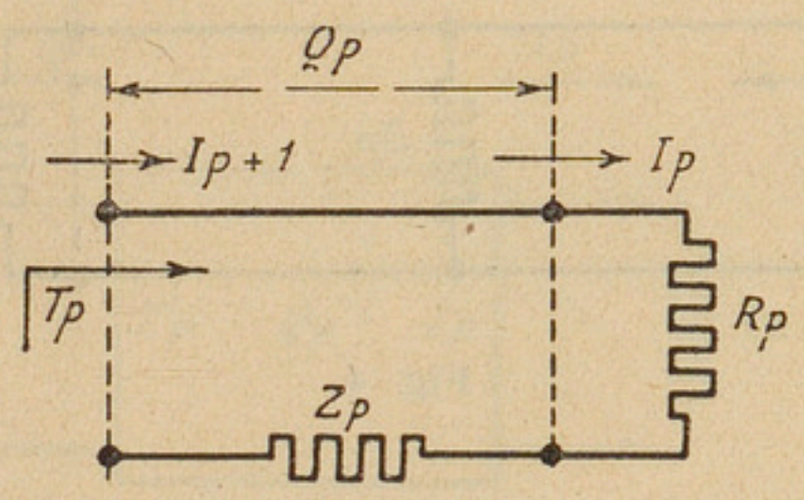


Fig. 3.

courants I_p et I_{p+1} mesurés à l'entrée et à la sortie du quadripôle Q_p sont égaux. Le rapport

$$\frac{I_p + 1}{I_p},$$

par lequel le quadripôle Q_p intervient dans l'expression de l'affaiblissement B (T_0 R_0) (équation 3) est donc égal à 1. Le quadri-

pôle Q_p n'introduit donc aucun terme dans l'addition qui donne $B\ (T_0, R_0)$.

La relation qui lie l'impédance d'entrée T_p et l'impédance de sortie R_p peut s'écrire :

$$T_p = R_p + Z_p = R_p \left(1 + \frac{Z_p}{R_p}\right).$$

Z_p et R_p étant connus par leurs modules et leurs arguments, on calcule le nombre imaginaire

$$\frac{Z_p}{R_p}.$$

On détermine graphiquement le module et l'argument du nombre

$$1 + \frac{Z_p}{R_p}$$

et l'on en déduit l'impédance T_p.

2° Cas d'une impédance Z_p placée en dérivation (fig. 4). —

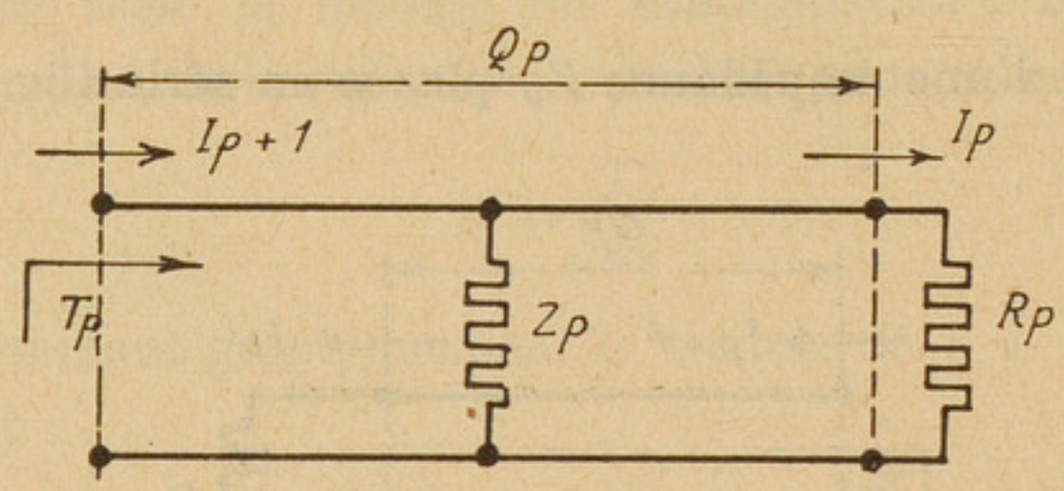


Fig. 4.

Le rapport des courants mesurés à l'entrée et à la sortie du quadripôle Q_p a pour valeur :

$$\frac{I_p + 1}{I_p} = \frac{Z_p + R_p}{Z_p} = 1 + \frac{R_p}{Z_p}.$$

Dans la somme qui donne l'affaiblissement effectif $B\ (T_0, R_0)$, le quadripôle Q_p intervient donc par le terme :

$$\varepsilon_p = \log_e \left| 1 + \frac{R_p}{Z_p} \right|.$$

L'impédance d'entrée T_p a pour expression :

$$T_p = R_p \frac{1}{1 + \frac{R_p}{Z_p}}.$$

R_p et Z_p étant données par leur module et leur argument, on calcule le nombre imaginaire :

$$\frac{R_p}{Z_p}.$$

on détermine graphiquement le module et l'argument du nombre

$$1 + \frac{R_p}{Z_p}$$

et l'on en déduit l'impédance T_p d'une part et le terme ε_p d'autre part.

C. Cas ou la liaison comporte des quadripôles dyssymétriques.

Les considérations développées dans le paragraphe précédent permettent de tenir compte de l'influence des organes interca-

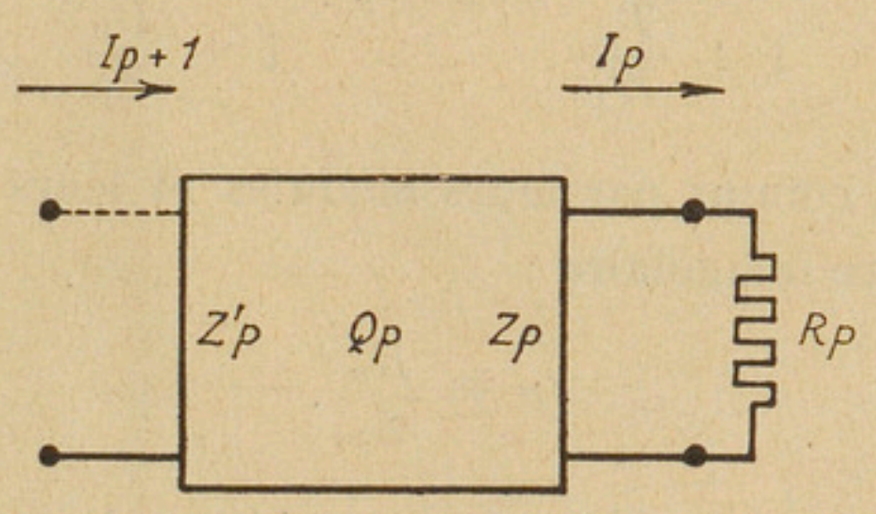


Fig. 5.

calés sur un système de transmission, dans un bureau téléphonique. Il arrive néanmoins (et c'est le cas de bureaux qui comportent non seulement des relais et des condensateurs placés en série ou en dérivation sur les fils de conversation, mais encore des transformateurs, des câblages et des multiplages) qu'il soit plus rationnel ou plus commode d'assimiler une traversée de bureau à un quadripôle, généralement dyssymétrique, défini par ses impé-

dances images Z et Z' et son exposant de propagation image g. Il convient de déterminer les corrections à apporter à la règle indiquée plus haut pour le calcul de l'affaiblissement effectif B (T_0, R_0), dans le cas où l'un des quadripôles Q_p est dyssymétrique (fig. 5).

Le rapport des courants mesurés à l'entrée et à la sortie du quadripôle Q_p a ici pour expression (voir Appendice II) :

$$\frac{I_p}{I_p + 1} = e^{g_p} \cdot \frac{R_p + Z_p}{T_p + Z'_p} \sqrt{\frac{Z'_p}{Z_p}}. \tag{11}$$

Dans la somme qui donne l'affaiblissement effectif B (T_0, R_0), le quadripôle Q_p intervient par la somme de trois termes.

$$b_p + \varepsilon_p + \varepsilon'_p = b_p + \log_e \left| \frac{1 + \dfrac{R_p}{Z_p}}{1 + \dfrac{T_p}{Z'_p}} \right| + \frac{1}{2} \log_e \left| \frac{Z'_p}{Z_p} \right|.$$

L'impédance d'entrée T_p est, d'autre part, reliée à l'impédance de sortie R_p par la formule :

$$\frac{1 - \dfrac{T_p}{Z'_p}}{1 + \dfrac{T_p}{Z'_p}} = e^{-2g_p} \cdot \frac{1 - \dfrac{R_p}{Z_p}}{1 + \dfrac{R_p}{Z_p}}. \tag{12}$$

R_p et Z_p étant connus par leurs modules et leurs arguments, on calcule le nombre imaginaire :

$$r_p = \frac{R_p}{Z_p}.$$

On en déduit, par une opération graphique, le nombre :

$$\rho_p = \frac{1 - r_p}{1 + r_p}.$$

On calcule le produit :

$$\tau_p = e^{-2g_p} \cdot \rho_p ;$$

on en déduit, par une opération graphique, le nombre :

$$t_p = \frac{T_p}{Z_p},$$

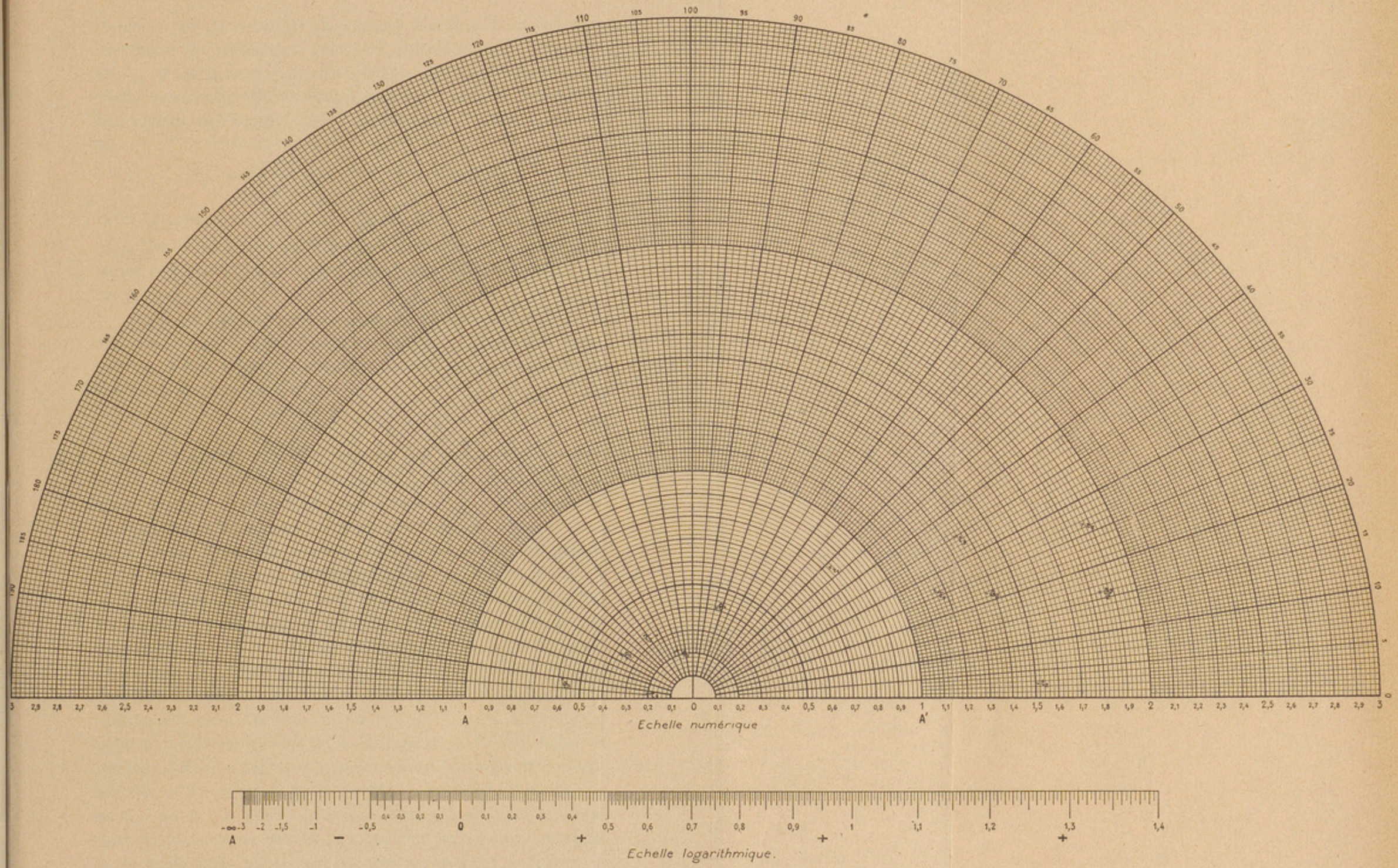


Fig. 6

et l'on en tire la valeur de l'impédance T_p. Chemin faisant, on a déterminé les différentes grandeurs permettant de calculer ε_p et ε'_p, et la présence d'un quadripôle dyssymétrique dans la chaîne des quadripôles mis bout à bout n'introduit pas, on le voit, une complication sensible dans le calcul de B (T_0, R_0).

III. MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDÉ.

Les différentes opérations graphiques qu'on rencontre au cours des calculs peuvent être faites simplement en utilisant la feuille réglée et l'échelle logarithmique reproduites (en réduction) sur la figure 6.

On a vu plus haut que le problème fondamental à résoudre consiste en ceci : étant donné un nombre imaginaire r, défini par son module et par son argument, calculer le nombre imaginaire ρ qui satisfait à la relation :

$$(1 + r)\,(1 + \rho) = 2. \qquad (9)$$

Les arguments des deux nombres r et ρ sont compris entre — 200 et + 200 grades. On marque sur la feuille réglée (qui porte d'une part des demi-circonférences de centre 0, de rayon connu, et d'autre part des droites issues de O, d'argument connu) l'affixe R' du nombre ayant un argument (compris entre 0 et 200 grades) égal à la valeur absolue de l'argument de r et ayant un module égal au module de r (fig. 7). On joint le point R' au point A, affixe du nombre — 1. La longueur du segment A R' représente le module du nombre $1 + r$: en appliquant le long de la droite A R' l'arête de l'échelle logarithmique annexée à la feuille réglée (le point A de l'échelle coïncidant avec le point A de la feuille réglée), on lit directement sur l'échelle la valeur de $\log_e |1 + r|$. En utilisant la même échelle logarithmique, on marque sur A R' un point M tel que $\log_e |AM| = -\log_e |1 + r|$, puis un point P' tel que AP' = 2 AM (ou $\log_e |AP'| = \log_e |AM| + 0{,}693$). Le point P' est l'affixe du nombre ayant un module égal au module de ρ et ayant un argument égal à la valeur absolue de l'argument de ρ. Comme il résulte de la relation (9) que les arguments (compris entre — 200 et +

200 grades) des deux nombres r et ρ sont de signes contraires, il ne peut y avoir d'ambiguïté sur le signe de l'argument de ρ, et la construction qui vient d'être indiquée (et dont la justification a été donnée plus haut) conduit bien à la détermination du nombre imaginaire ρ.

Dans le calcul de l'affaiblissement effectif d'un système complexe, le problème précédent doit être résolu un grand nombre de fois, à savoir deux fois pour chacun des quadripôles entrant dans la constitution du système. Pour faciliter la suite des opérations, on utilise des formules (formules nos 1001, 1002, 1003,

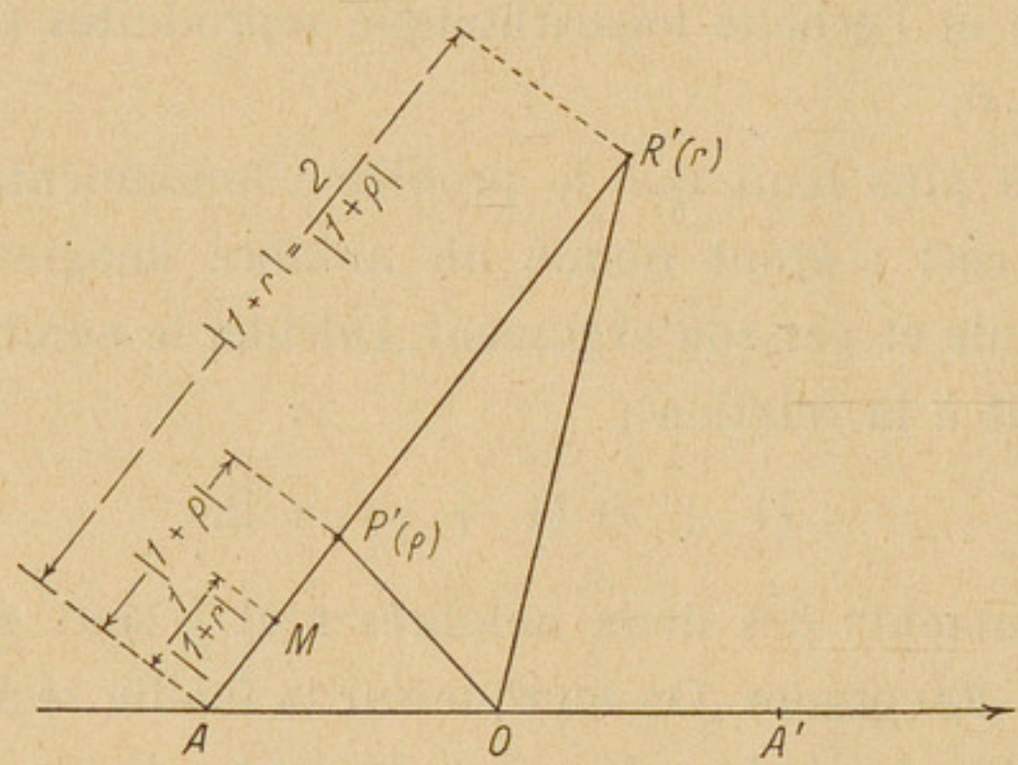
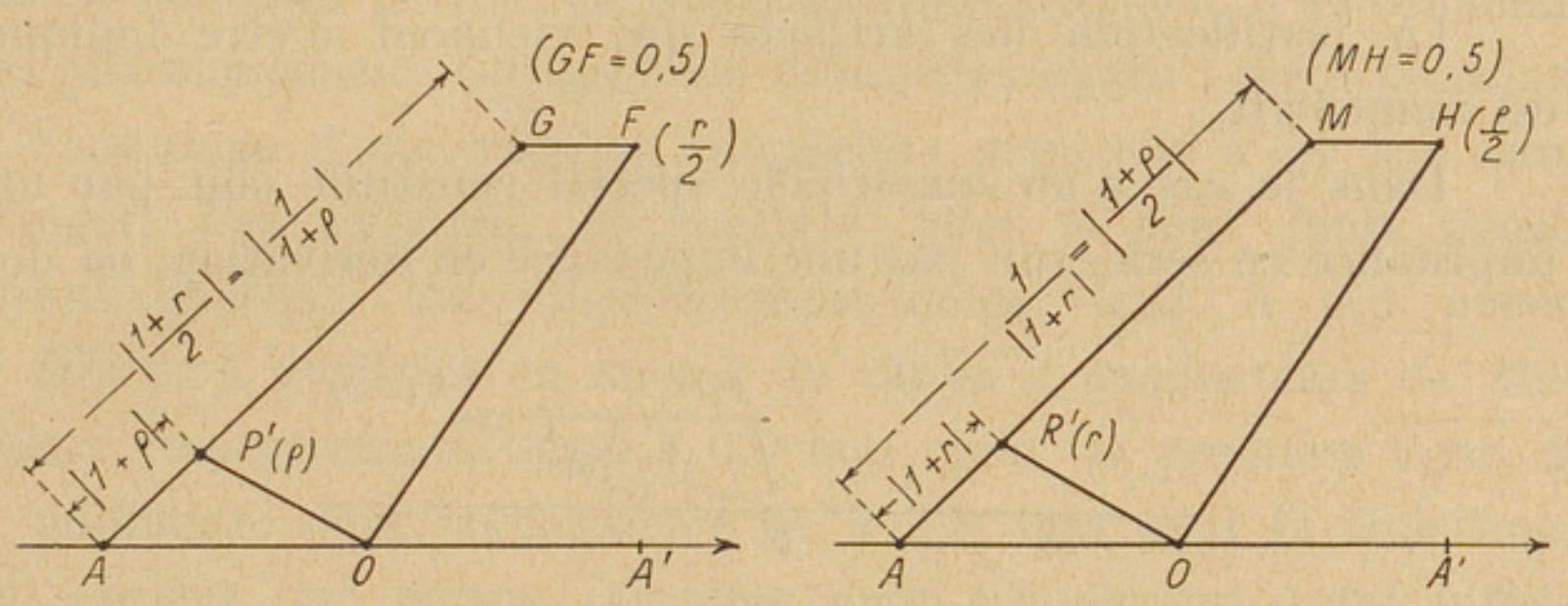


Fig. 7.

ci-annexées), préparées d'avance : on remplit une formule no 1002 pour chacun des quadripôles de la chaîne (dans le cas d'un quadripôle spécial, constitué simplement par une impédance placée en série ou en dérivation, on utilise la formule no 1003) ; la formule no 1001 récapitule les résultats obtenus pour chacun des quadripôles, permet de calculer le terme correctif ε et conduit à la valeur de l'affaiblissement effectif du système.

Le résultat final n'est obtenu, on le voit, qu'au prix d'opérations nombreuses, et il peut sembler de prime abord que la méthode proposée n'est pas précisément une méthode rapide ; en fait, le problème à résoudre n'est pas simple et les calculs compliqués qu'exige sa solution sont considérablement écourtés par l'emploi de la méthode graphique ; l'application de cette dernière ne demande d'ailleurs que de la patience et du soin.

La précision qu'on peut attendre des constructions graphiques dépend évidemment de l'échelle adoptée pour la représentation de la feuille réglée reproduite (en réduction) sur la figure 6 : de bons résultats ont été obtenus, en pratique, en donnant au vecteur unité OA' une longueur de 10 centimètres. Il suffit d'amener en coïncidence le bord de l'échelle logarithmique adjointe à la feuille réglée et le bord de l'échelle numérique placée au bas de cette dernière (en faisant coïncider les points A et les points O des deux échelles) pour effectuer les conversions de nombres en logarithmes ou de nombres en exponentielles, qu'on rencontre au cours des



Cas où r est grand. Cas où r est petit.

Fig. 8.

calculs. (L'emploi d'une vraie table de logarithmes naturels permet d'ailleurs, pour ces conversions, d'obtenir une précision meilleure.)

Les demi-circonférences tracées sur la feuille réglée ont des rayons compris entre 0 et 3 unités. Cette marge de variation suffit dans la majorité des cas. Les nombres imaginaires r' et t considérés représentent, en effet, des quotients d'impédances qu'on a intérêt, en pratique (pour des raisons techniques), à ne pas choisir trop différentes. D'ailleurs, lorsque l'un des points tels que R' ou P' sont des limites de la feuille réglée, on se tire d'affaire par l'emploi d'artifices simples dont voici deux exemples (fig. 8).

1er *exemple* : Le nombre r a un très grand module, si bien que le point R' sort des limites de la feuille.

On construit l'affixe F du nombre $\frac{r}{2}$; on construit, parallè-

lement à l'axe OA, un segment $\overline{FG} = -0{,}5$. Les points G et P' sont alignés avec le point A et satisfont à la relation :

$$\log_e |AG| = -\log_e |AP'|.$$

2e *exemple* : le nombre r a un module très petit, si bien que le point P' sort des limites de la feuille.

Le point M ayant été construit à la manière habituelle, on construit, parallèlement à l'axe OA, un segment $\overline{MH} = +0{,}5$. Le point H est le milieu de OP', si bien que, H étant connu, on déduit sans peine le module et l'argument du nombre dont P' est l'affixe.

La justification des artifices qui viennent d'être indiqués est immédiate.

Dans le cas d'un quadripôle spécial constitué soit par une impédance en série, soit par une impédance en dérivation, on doit

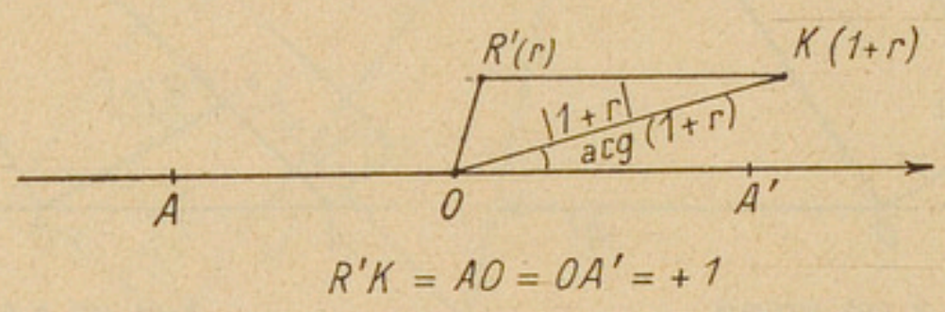


Fig. 9.

résoudre (voir formule n° 1003) le problème suivant : un nombre imaginaire r étant donné en module (le module de r est toujours ici petit vis à vis de l'unité) et en argument (compris entre — 200 et + 200 grades), on cherche le module et l'argument du nombre imaginaire $1 + r$. La figure 9 indique la construction à employer : le point R' étant, comme d'habitude, l'affixe du nombre r (ou le symétrique par rapport à OA de cet affixe, si l'argument de r est négatif), on construit, parallèlement à l'axe OA, un vecteur R' K égal à AO ; la longueur 0K représente le module du nombre $1 + r$; l'angle A'OK est la valeur absolue de son argument ; cet argument a d'ailleurs le même signe que l'argument de r.

Pour éviter toute hésitation et toute erreur, les figures 7 et 8 sont reproduites au bas des fiches n° 1002 ; de même, la figure 9 est reproduite au bas des fiches n° 1003 ; de cette manière, l'opé-

rateur qui remplit les fiches n'a aucun effort de mémoire à développer pour se rappeler les constructions qu'il doit effectuer sur la feuille réglée.

IV. CONCLUSIONS.

Dans beaucoup de problèmes de transmission téléphonique (par exemple, dans la détermination des équivalents de référence), pour calculer l'affaiblissement effectif d'une liaison complexe constituée par un certain nombre de lignes placées bout à bout, on se contente parfois, en première approximation, d'additionner les affaiblissements (images) des différentes lignes : cette pratique a l'avantage d'une extrême simplicité ; mais elle n'est pas sans danger. Par exemple, en mettant bout à bout trois lignes ayant chacune un affaiblissement-image égal à 0,3 néper à 800 p : s, réalisées au moyen de câbles à conducteurs de diamètre respectivement égal à 0,6 mm pour la première ligne, à 1 millimètre pour la deuxième et à 2,5 mm pour la troisième, on obtient une liaison complète dont l'équivalent total (affaiblissement effectif sur 600 ohms à 800 p : s) est voisin de 1,17 néper : ce nombre diffère beaucoup de la somme (0,90 néper) des affaiblissements-images des trois lignes.

Aussi est-il prudent, dans certains cas, de procéder au calcul correct de l'affaiblissement effectif : la méthode que nous venons d'indiquer permet de faire ce calcul, avec une précision suffisante, dans le minimum de temps, en utilisant d'une part la règle à calcul et d'autre part la feuille réglée et l'échelle logarithmique reproduites sur la figure 6.

APPENDICE I.

Un systéme émetteur S, ayant un équivalent de référence b_T *népers et une impédance moyenne* T *à 800 p : s, est placé à l'origine d'une liaison L dont l'affaiblissement effectif, mesuré à 800 p : s sur des impédances respectivement égales à* T *et à 600 ohms, est* B (T, *600*) *népers ; l'équivalent de référence* b_T *du système S' constitué par S et par L a pour expression :*

$$b'_T = b_T + B_{(T,600)} + \log_e \left| \frac{2\sqrt{T \times 600}}{T + 600} \right| .$$

Le système émetteur S_0 du S.F.E.R.T. a une impédance de sortie égale à 600 ohms. Si l'on admet qu'on peut assimiler la transmission téléphonique à la transmission de courants sinusoïdaux

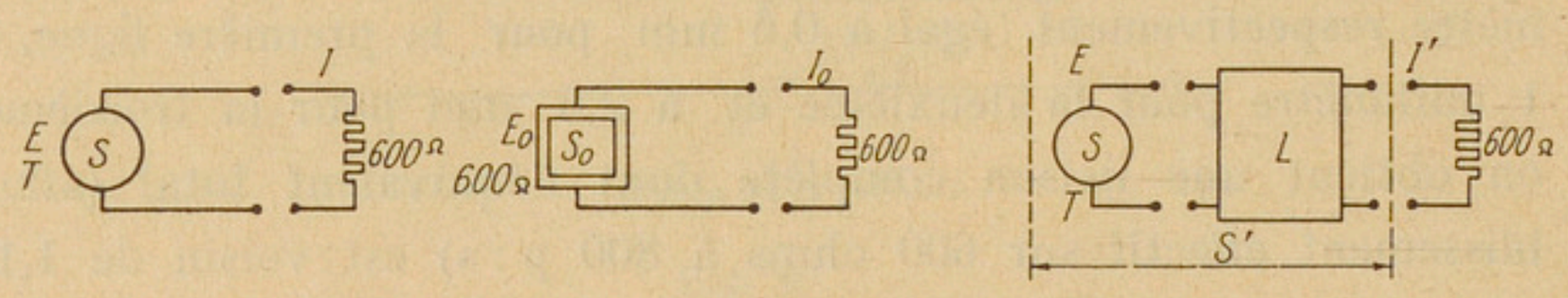


Fig. 10.

de fréquence 800 p : s, les systèmes S et S_0 peuvent être considérés comme des alternateurs ayant des impédances respectivement égales à T et à 600 ohms et ayant des forces électromotrices respectivement égales à E et E_0 ; dire que l'équivalent de référence de S est b_T népers revient à dire que les courants I et I_0 que les deux alternateurs S et S_0 engendrent dans des résistances de 600 ohms, sont dans un rapport égal à e^{-b_T} (fig. 10) :

$$\frac{I_0}{I} = \frac{E_0}{E} \cdot \left| \frac{600 + T}{2 \times 600} \right| = e^{b_T} . \qquad (1)$$

Si I' est l'intensité du courant que le système S' engendre dans une résistance de 600 ohms, on a de même :

$$\frac{I_0}{I'} = e^{b'_T} . \qquad (2)$$

On peut d'ailleurs écrire, par définition même de l'affaiblissement effectif $B_{(T,600)}$:

$$\left|\frac{E}{2\,I'\sqrt{T \times 600}}\right| = e^{B(T,\,600)}. \qquad (3)$$

En combinant les équations (1), (2) et (3), on établit sans difficulté la relation à démontrer :

$$e^{b'T} = e^{bT} \,.\, e^{B(T,\,600)} \,.\left|\frac{2\sqrt{T \times 600}}{T + 600}\right|.$$

Remarque. — Le procédé de calcul qui vient d'être indiqué est celui qui a été employé pour établir les courbes figurant dans l'étude n° 294 du Service d'études et de recherches techniques de l'administration des Postes et Télégraphes (P. Mocquard, *Equivalent de référence des lignes d'abonnés*, 4 mai 1929) ; dans ce travail, l'auteur avait estimé que, pour obtenir une concordance satisfaisante entre les résultats des essais de téléphonométrie et les résultats des mesures et des calculs effectués en régime sinusoïdal, il convenait de choisir la fréquence de 1000 p : s comme fréquence des courants de mesure ; depuis, les techniciens des différents pays s'accordent à considérer la fréquence de 800 p : s comme fréquence-type, sans que le C.C.I. ait d'ailleurs recommandé ce choix d'une façon expresse pour l'application particulière qu'on envisage ici.

APPENDICE II.

Les tensions et les courants mis en jeu à l'entrée (U', I') et à la sortie (U, I) d'un quadripôle symétrique, d'impédance caractéristique Z et d'exposant de propagation g, satisfont aux équations :

$$\begin{cases} U' = U \operatorname{ch} g + I Z \operatorname{sh} g\,; & (1) \\ I' = I \operatorname{ch} g + \dfrac{U}{Z} \operatorname{sh} g. & (2) \end{cases}$$

Si R désigne l'impédance raccordée aux bornes de sortie, on a :

$$U = R.I, \qquad (3)$$

et l'on déduit de l'équation (2) :

$$\frac{I'}{I} = \frac{Z \operatorname{ch} g + R \operatorname{sh} g}{Z}. \tag{4}$$

La valeur de l'impédance d'entrée T s'obtient en faisant la quotient des équations (1) et (2) :

$$T = Z \cdot \frac{R \operatorname{ch} g + Z \operatorname{sh} g}{Z \operatorname{ch} g + R \operatorname{sh} g}. \tag{5}$$

En rapprochant les équations (4) et (5), on voit qu'on peut écrire :

$$\frac{I'}{I} = \frac{Z \operatorname{ch} g + R \operatorname{sh} g}{Z} = \frac{R \operatorname{ch} g + Z \operatorname{sh} g}{T} = e^{g} \cdot \frac{Z + R}{Z + T} = e^{-g} \frac{Z - R}{Z - T}. \tag{6}$$

On en déduit les deux relations utilisées dans la partie II-A de l'étude, à savoir :

$$\frac{I'}{I} = e^{g} \frac{Z + R}{Z + T}, \tag{7}$$

et

$$\frac{1 - \dfrac{T}{Z}}{1 + \dfrac{T}{Z}} = e^{-2g} \cdot \frac{1 - \dfrac{R}{Z}}{1 + \dfrac{R}{Z}}. \tag{8}$$

Dans le cas d'un quadripôle dyssymétrique, si Z' et Z sont respectivement les impédances-images correspondant aux bornes d'entrée et aux bornes de sortie et g l'exposant de propagation image, les équations (1) et (2) deviennent :

$$\begin{cases} U' = U \sqrt{\dfrac{Z'}{Z}} \operatorname{ch} g + I \sqrt{ZZ'} \operatorname{sh} g, & (1') \\ I' = I \sqrt{\dfrac{Z}{Z'}} \operatorname{ch} g + \dfrac{U}{\sqrt{ZZ'}} \operatorname{sh} g. & (2') \end{cases}$$

Les équations (4), (5) et (6) s'écrivent alors respectivement :

$$\frac{I'}{I} = \sqrt{\frac{Z}{Z'}} \operatorname{ch} g + \frac{R}{\sqrt{ZZ'}} \operatorname{sh} g, \tag{4'}$$

$$T = \frac{R \sqrt{\dfrac{Z'}{Z}} \operatorname{ch} g + \sqrt{ZZ'} \operatorname{sh} g}{\sqrt{\dfrac{Z}{Z'}} \operatorname{ch} g + \dfrac{R}{\sqrt{ZZ'}} \operatorname{sh} g}, \tag{5'}$$

$$\frac{I'}{I} = \frac{\sqrt{ZZ'}\,\mathrm{ch}\,g + R\sqrt{\frac{Z'}{Z}}\,\mathrm{sh}\,g}{Z'} = \frac{R\sqrt{\frac{Z'}{Z}}\,\mathrm{ch}\,g + \sqrt{ZZ'}\,\mathrm{sh}\,g}{T} =$$

$$= e^{g}\,\frac{\sqrt{ZZ'} + R\sqrt{\frac{Z'}{Z}}}{Z' + T} = e^{-g}\,\frac{\sqrt{ZZ'} - R\sqrt{\frac{Z'}{Z}}}{Z' - T}. \qquad (6')$$

On en déduit les deux relations utilisées dans la partie II-C de l'étude, à savoir :

$$\frac{I'}{I} = e^{g}\,.\,\frac{Z + R}{Z' + T}\,.\,\sqrt{\frac{Z'}{Z}}, \qquad (7')$$

$$\frac{1 - \frac{T}{Z'}}{1 + \frac{T}{Z'}} = e^{-2g}\,.\,\frac{1 - \frac{R}{Z}}{1 + \frac{R}{Z}}. \qquad (8')$$

FORMULE 1001.

CALCUL DE L'AFFAIBLISSEMENT EFFECTIF A 800 P : S DE LA LIAISON

Impédances terminales { extrémité réceptrice R_0 = ... Ω | — gr ;
extrémité émettrice T_0 = ... Ω | — gr.

Numérotation et désignation de chacun des quadripôles mis bout à bout (le quadripôle n° 1 est le plus voisin de l'extrémité réceptrice, le quadripôle de dernier rang est le plus voisin de l'extrémité émettrice).

Quadripôle n° 1 : .... b_1 = ... népers; ε_1 = ... népers; ε'_1 = ... népers;
Quadripôle n° 2 : .... b_2 = ... — ; ε_2 = ... — ; ε'_2 = ... — ;
Quadripôle n° 3 : .... b_3 = ... — ; ε_3 = ... — ; ε'_3 = ... — ;
Quadripôle n° 4 : .... b_4 = ... — ; ε_4 = ... — ; ε'_4 = ... — ;
Quadripôle n° 5 : .... b_5 = ... — ; ε_5 = ... — ; ε'_5 = ... — .

Σb_p = ... népers; $\Sigma \varepsilon_p$ = ... népers; $\Sigma \varepsilon'_p$ = ... népers.

Impéd. d'entrée de la chaîne T = ... Ω | — gr
Impédance du générateur T_0 = ... Ω | — gr

$t_0 = \frac{T}{T_0}$ = ... | — gr $\log_e |1 + t_0|$ = ... népers.

Impédance du récepteur R_0 = ... Ω | — gr
Impédance du générateur T_0 = ... Ω | — gr

Σb_p = ... népers;
$\Sigma \varepsilon_p$ = ... — ;
$\Sigma \varepsilon'_p$ = ... — ;
ε = ... — ;

$B(T_0, R_0)$ = ... népers.

$\left|\frac{R_0}{T_0}\right|$ = ... $\log_e \left|\frac{R_0}{T_0}\right|$ = ... —
$-\frac{1}{2}\log_e \left|\frac{R_0}{T_0}\right|$ = ... —
$-\log_e 2$ = —0,693
$+\log_e |1 + t_0|$ = ... —

$\varepsilon = \log_e |1 + t_0| - \frac{1}{2}\log_e \left|\frac{R_0}{T_0}\right| - \log_e 2$ = ... népers.

FORMULE 1002.

Quadripôle n°

Impédances images :

de sortie Z = ... $\Omega \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$; Longueur : ..... km.

d'entrée Z' = ... $\Omega \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$.

Exposant d'affaiblissement-image par km : $\beta = +$ ..... népers : km.

Exposant de déphasage image par km : $\alpha = +$ ..... grades : km.

Exposant d'affaiblissement-image : $b = +$ ..... népers

Exposant de déphasage image : $a = +$ ..... grades.

Impédance raccordée à la sortie : $R = ..\ \Omega \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

$Z = ..\ \Omega \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

$r = \dfrac{R}{Z} = ..\ \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

(r et ρ ont des arguments de signes contraires).

$\rho = \dfrac{1-r}{1+r} = ..\ \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

$e^{-2g} = e^{-2b} \underline{|-2a} = ..\ \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

$\tau = \rho \,.\, e^{-2g} = ..\ \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

(τ et t ont des arguments de signes contraires.)

$t = \dfrac{1-\tau}{1+\tau} = ..\ \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

$Z' = ..\ \Omega \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

Impédance d'entrée : $T = Z' \,.\, t = ..\ \Omega \underline{|\ \ \ \ \text{gr}}$;

$\log_e |1 + r| = ..$ —

$-\log_e 2 = -0{,}693$

..... = ...

$\log_e |1 + \rho| = -[\log_e |1 + r| - \log_e 2] = ..$ népers.

$2b = ..$ népers ; $2a = + ..$ gr ;

$e^{-2b} = ..$ — ; $-2a = - ..$ gr.

$\log_e |1 + \tau| = ..$

$-\log_e 2 = -0{,}693$

..... = ...

$\log_e |1 + t| = -[\log_e |1 + \tau| - \log_e 2] = ..$

$\log_e |1 + r| = ..$

$\log_e |1 - t| = ..$

$\varepsilon = \log_e |1 + r| - \log_e |1 + t| = ..$ népers.

$$\varepsilon' = \frac{1}{2} \log_e \left| \frac{Z'}{Z} \right| = \frac{1}{2} \log_e \ldots\ldots\ldots\ldots = ..\ \text{népers.}$$

FORMULE 1003.

Impédance en série ou en dérivation.

Quadripôle n° .

Impédance en série : $Z = \ldots\ldots - j \ldots\ldots \Omega = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

Impédance raccordée
à la sortie : $R = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

$Z = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

$r = \dfrac{Z}{R} = \ldots\ldots \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

$1 + r = \ldots\ldots \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

Impédance d'entrée :
$T = R\,(1 + r) = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

Quadripôle n° .

Impédance en dérivation : $Z = \ldots\ldots - j \ldots\ldots \Omega = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

Impédance raccordée
à la sortie : $R = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

$Z = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

$r = \dfrac{R}{Z} = \ldots\ldots \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

$1 + r = \ldots\ldots \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$ $\quad \varepsilon = \log_e |1 + r| = \ldots\ldots$ népers.

Impédance
d'entrée : $T = \dfrac{R}{1 + r} = \ldots\ldots \Omega \,\underline{|\!-\ \text{gr}}$

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Les lois d'actions à distance en électricité (Henri Abraham, *C. R. acad. sciences*, 27 mars 1933). — Supposons qu'un électromètre balance à armatures planes et horizontales, parfaitement isolées, soit placé dans une cuve que l'on puisse remplir avec un diélectrique liquide. Imaginons que l'électromètre ait été équilibré dans l'air, après avoir reçu des charges qui resteront invariables quand on versera le liquide [1]. On sait que, lorsque les plateaux de l'appareil auront été complètement noyés, la force exercée sur le plateau supérieur aura diminué dans la proportion du rapport des constantes diélectriques du liquide et de l'air.

On considère parfois une telle expérience comme établissant que l'attraction entre des charges électriques données varie en raison inverse du pouvoir diélectrique du milieu interposé, en suivant une loi d'attraction.

$$F = \frac{qq'}{kr^2},$$

dans laquelle la constante diélectrique k dépendrait du milieu.

Il ne semble pas que cette interprétation des faits puisse être acceptée. Si, en effet, on versait progressivement le diélectrique, on constaterait que la force exercée sur le plateau supérieur resterait invariable tant que le liquide n'aurait pas atteint ce plateau. Quand le liquide affleurerait juste le plateau, l'attraction serait encore la même, et cela est en contradiction avec la doctrine de l'action à distance variant avec la nature du milieu interposé.

Notons que, dans cette première partie de l'expérience, la surface libre du liquide n'est pas horizontale. Le liquide, attiré par le champ électrique, s'élève davantage entre les plateaux qu'à l'ex-

1. Il serait plus aisé d'opérer à différence de potentiel constante et de calculer ensuite ce qu'aurait donné l'expérience si elle avait été faite à charges constantes.

térieur. Cette dénivellation met en évidence l'excès de pression hydrostatique dû au champ.

C'est seulement lorsque le plateau supérieur est noyé, que l'équilibre est complètement rompu. En rétablissant alors l'équilibre initial, la surcharge qu'il faudra ajouter représentera exactement l'excès de pression hydrostatique exercée de bas en haut sous le plateau supérieur par le liquide, excès de pression que la dénivellation signalée plus haut permettait de mesurer, et qui pourrait aussi être calculée par des formules classiques (1).

Il résulte de là que l'attraction entre les charges électriques doit être considérée comme étant restée invariable malgré le changement de milieu.

En définitive, les forces électriques ne peuvent être calculées au moyen de lois d'actions à distance qu'en admettant que ces actions se transmettent au travers des corps matériels comme si la matière n'existait pas, et l'on ne peut utiliser dans le calcul qu'un seul coefficient d'attraction : celui du vide.

Il en est de même pour les forces exercées dans les champs magnétiques.

L'influence des milieux interposés, homogènes ou non, doit être évaluée en calculant l'action à distance (suivant la même loi) des portions de ces milieux qui sont polarisées (ou aimantées) et en tenant compte des pressions exercées par ces milieux sur les corps qui y sont immergés.

Sur la vitesse apparente des ondes radioélectriques courtes (N. Stoyko et R. Jouaust, *C. R. acad. sciences*, 1er mai 1933).

On détermine la vitesse apparente de propagation des ondes radioélectriques en comparant, par l'intermédiaire de deux stations émettrices de signaux horaires, deux stations réceptrices de ces mêmes signaux.

La vitesse apparente des ondes longues a été déterminée depuis longtemps par cette méthode directe (2).

---

1. Liénard, *Annales de physique*, 9e série, 20, 1923, p. 249.

2. N. Stoyko, *Sur la mesure du temps et les problèmes qui s'y rattachent* (Paris, Gauthier-Villars, 1931), p. 58-76.

La détermination de la vitesse apparente des ondes courtes (de 15 à 40 mètres) n'a été possible, jusqu'à ces derniers temps, que par une méthode indirecte, consistant à comparer la durée de propagation des ondes courtes et celle des ondes longues entre deux stations. Connaissant la vitesse des ondes longues, on a pu déterminer ainsi celle des ondes courtes. La vitesse apparente trouvée pour ces dernières est égale à 272.700 km : sec ± 5700 (1).

Pour la première fois, pendant le dernier trimestre de 1932, on a pu, au Bureau international de l'heure, déterminer la vitesse apparente des ondes courtes par la méthode directe. On a reçu, pendant ce temps, simultanément à Paris et à Buenos-Aires, les émissions des signaux horaires de Pontoise ($\lambda = 28^{m},35$) et de Monte Grande ($\lambda = 15^{m},35$). La comparaison de ces émissions nous a donné, compte tenu du retard dans les appareils de réception, pour la durée de propagation : $0^{s},08191 \pm 0^{s},00134$, le chemin étant de 22094^{km} en suivant le grand cercle sur la surface de la Terre. Cela correspond à une vitesse apparente de 269.700 km : sec ± 4400. Cette valeur coïncide assez bien avec la valeur trouvée par la méthode indirecte.

La propagation des ondes radioélectriques se fait entre le sol et une couche fortement ionisée située à une altitude de 33 kilomètres. Leur propagation serait assurée par une série de réflexions entre le sol et cette couche ionisée. La vitesse vraie des ondes courtes étant identiques à celle de la lumière (2), on aurait donc huit réflexions des ondes entre Paris et Buenos-Aires, avec l'angle de 19°8, entre la direction des ondes et l'horizon.

Par un procédé identique, on a mesuré la vitesse apparente des ondes pour la même période. Cette vitesse apparente a été trouvée égale à 245.000 km : sec.

Cette différence de vitesse entre les ondes longues et les ondes courtes peut s'expliquer par la différence du mécanisme de propagation des deux variétés d'ondes. On admet généralement que, pour

---

1. N. Stoyko, *La vitesse de propagation des ondes courtes* (*Bulletin géodésique*, 1930, p. 45).

2. R. Jouaust et N. Stoyko, *Comptes-rendus*, 192, 1931, p. 1207.

les ondes longues, la couche ionisée se comporte comme un conducteur métallique. L'énergie des ondes radioélectriques est donc, en quelque sorte, canalisée entre deux surfaces électriques, et sa propagation peut être assimilée à celle de l'énergie sonore dans un tuyau. Mais, comme l'a montré pour la première fois H. Poincaré, par suite de la résistance électrique des deux conducteurs du chemin d'onde, le front de celle-ci subit un étalement. Au poste récepteur, le champ électrique, au lieu de prendre brusquement la valeur correspondant à l'intensité du signal, prendra d'abord une valeur excessivement faible. Puis, l'amplitude du champ croissant, il arrivera un moment où cette intensité aura une valeur suffisante pour déclencher les appareils récepteurs, et c'est cet instant qui sera considéré comme celui de l'arrivée du signal. On voit que, dans ces conditions, on sera amené à trouver, pour la vitesse apparente de propagation des ondes longues, une vitesse beaucoup plus faible que celle de la lumière et plus faible aussi que celle des ondes courtes.

INFORMATIONS.

Phototélégrammes. — Depuis le 16 juin dernier, fonctionne un service phototélégraphique public entre Paris d'une part et Berlin et Londres d'autre part. Les phototélégrammes peuvent comporter toutes sortes d'écritures, signes sténographiques, figures idéographiques ou géométriques, des dessins au trait, images en demi-teintes et photographies. Les dimensions maxima des phototélégrammes sont fixées à 13 centimètres sur 18.

La taxe est calculée d'après le nombre de centimètres carrés de surface de l'image, avec un minimum de taxation correspondant à une surface de 100 centimètres carrés. Les tarifs sont les suivants :

1° Entre Paris et Berlin : 1f,25 par centimètre carré, avec minimum de 125 francs ;

2° Entre Paris et Londres : 1f,50 par centimètre carré, avec minimum de 150 francs.

Les phototélégrammes sont acceptés dans tous les bureaux de poste.

Concours d'entrée à la 1ère section de l'Ecole professionnelle supérieure des postes et télégraphes (avril 1933) : sujets des épreuves écrites. — *Rédaction sur un sujet général.* — Expliquer et justifier par des exemples précis le jugement émis dans ces vers du poète contemporain Eugène Hollande :

O nation qui fus fiancée à l'Esprit,
Toujours, avec ton nom qui rassure et sourit,
Astre des peuples, France,
Dans la paix ou la guerre, à chacun de tes pas,
Tu tourneras vers toi tous les yeux d'ici-bas
Où doutait l'espérance.
. . . . . .
Ton nom, ô Généreuse ! est aussi Liberté.
Dès que le droit gémit et que l'iniquité
Est la prison de l'âme,
Ange effrayant de la justice, tu bondis,
Et tous les opprimés entendent, enhardis,
Ta grande voix qui clame.

Géographie. — L'œuvre accomplie par la France dans l'Afrique du nord.

Mathématiques. — I. Soit un demi-cercle de diamètre AB, décrit par un point M. On prolonge AM d'une longueur MP = MB.

1° Quelle est la forme du triangle BMP ? Montrer que le lieu de P appartient à un cercle C, dont on précisera le centre, le rayon et l'arc effectivement décrit par P ; on tracera en pointillé l'autre arc de ce cercle.

2e Montrer que la bissectrice intérieure de l'angle en P du triangle BMP passe par un point fixe I du cercle C ; déterminer ce point. Etablir un résultat analogue pour la médiane en P du même triangle.

II. 1° Etudier la variation de la fonction

$$y = \frac{x^2}{4} + x + 1$$

et construire la courbe représentative C.

2° On considère l'équation (E) :

$$\frac{x^2}{4} + x + 1 = mx + h;$$

déterminer h en fonction de m pour que les deux racines x' et x'' soient liées par la relation :

$$x' x'' + 3 (x' + x'') + 8 = 0;$$

h étant ainsi déterminé, entre quelles limites peut varier m pour que l'équation (E) ait des racines ?

3° h ayant toujours cette expression, interpréter graphiquement l'équation (E) au moyen des points de rencontre de C avec la droite qui, rapportée aux mêmes axes, représente la fonction $y = mx + h$.

Physique. — I. En utilisant le plan incliné comme machine simple et en négligeant les frottements,

1° Etudier le principe de la conservation du travail dans les machines simples ;

2° Définir les deux formes de l'énergie mécanique, étudier leurs transformations mutuelles et en déduire le principe de la conservation de l'énergie mécanique.

II. Galvanomètres : 1° Définition et usages ; 2° Principe du galvanomètre à aimant mobile ; 3° Principe du galvanomètre à cadre mobile.

Chimie. — I. Propriétés réductrices de l'hydrogène, du phosphore, du carbone.

II. Préparation de l'acier à partir de la fonte.

Droit administratif. — L'administration en face de la propriété privée (travaux publics, services publics, télégraphes, téléphones, etc...).

Rédaction sur un sujet postal. — Indiquez dans leurs grandes lignes les différents procédés mis à la disposition du public par le service postal pour l'échange de marchandises dans les relations internationales. Faites l'étude critique de la réglementation actuelle, dégagez-en les principes et indiquez les améliorations dont elle vous paraîtrait susceptible.

Ne parlez pas des envois de valeurs déclarées.

Rédaction sur le service électrique. — Les principes de l'exploitation interurbaine : demande, acheminement, établissement, contrôle, rupture, taxation de la communication. Exposer, justifier et apprécier les méthodes employées.

Relations téléphoniques entre la France et l'étranger. — I. Progrès accomplis en 1932. — 1° *Nouveaux circuits mis en service.* — Les principaux circuits internationaux mis en service du 1er janvier 1932 au 1er mars 1933 sont les suivants :

Paris—Bruxelles 29° et 30°,
Paris—Gênes 1°,
Paris—Amsterdam 6°,
Paris—Varsovie 2°,
Paris—Rome 2°,
Avignon—Genève,
Paris—Zurich 5°,
Paris—Milan 3°,
Saint-Jean-de-Luz—Saint-Sébastien 1° et 2°.

2° *Extension des relations téléphoniques internationales.* — *a*) Relations européennes. — Les relations téléphoniques entre Paris et Sofia ont été ouvertes le 1er mai 1932, par Bucarest. Des essais ont été prescrits par Vienne et Belgrade, en vue d'étendre les rela-

tions à un certain nombre de réseaux bulgares avec lesquels l'audition est faible par Bucarest.

Au cours du second semestre de 1932, quelques communications ont pu être échangées avec Salonique (Grèce), par Bucarest. Des essais effectués par la Yougoslavie ayant également donné de bons résultats, les relations avec Salonique ont pu être ouvertes à tous les réseaux français, par Belgrade.

Des essais de communication ont été poursuivis en vue de l'ouverture des relations téléphoniques avec Istambul et Ankara.

Le service téléphonique France—Yougoslavie a été ouvert avec un certain nombre de réseaux yougoslavie a été ouvert avec un certain nombre de réseaux yougoslaves : Zrice, Vinica, Kranj, Krusevac, Split (Spalato), Cakovec, Paracin.

b) Relations extra-européennes. — Le service téléphonique avec le Brésil a été étendu, à partir du 1re février 1932, à tous les abonnés de la ville et de l'État de Rio de Janeiro. Des conversations peuvent être échangées également avec les localités de l'État de Minas Geraes et, depuis le 13 janvier 1933, avec Sao Paulo et Santos.

Le 1er avril 1932, ont été ouvertes les relations avec les îles Bermudes, les îles Hawaï et l'Afrique du sud (province du Cap, Transvaal, Orange).

Le 1er juin 1932, ont été autorisées les relations téléphoniques avec le Vénézuela par Berlin.

Depuis le 22 juillet 1932, des conversations peuvent être échangées avec l'Égypte. Une liaison radiotéléphonique directe entre Paris et le Caire (Egypte) a été inaugurée le 1er novembre 1932. Le service est ouvert avec les réseaux suivants : Le Caire, Alexandrie, Louqsor, Assouan, Port-Saïd.

Le 1er octobre 1932, ont été ouvertes les relations téléphoniques entre tous les réseaux français et les abonnés et la cabine publique de Léopoldville (Congo belge). Depuis, le service a été étendu aux abonnés des réseaux de Léopoldville, Matadi, Songololo, Madimba, Thysville et Inkisi.

Les relations téléphoniques avec le Vénézuela, ouvertes en juin 1932 avec la cabine de Maraca, ont été étendues, en juillet 1932,

aux principales localités du Vénézuela (Caracas, Puerto Cabello, Victoria).

Des conversations téléphoniques peuvent être échangées depuis le 15 octobre 1932 avec un certain nombre de paquebots allemands des lignes de l'Amérique du nord et de l'Amérique du sud. Un service analogue a été ouvert avec les navires italiens *Rex*, *Conte di Savoia* et *Conte Rosso*.

Un service régulier était sur le point d'être ouvert avec le paquebot *Atlantique* au moment où un incendie a détruit ce paquebot. L'administration française des téléphones est en mesure d'exploiter un service commercial avec le paquebot *Ile de France*.

3° *Facilités accordées au public ; modifications de taxes.* — A partir du 1er octobre 1932, les taxes applicables aux communications radiotéléphoniques par la station de Londres ont été réduites conformément aux dispositions du décret du 19 juillet 1932. C'est ainsi que la taxe des conversations avec New York est passée de 843f,75 à 787f,50 pour 3 minutes.

A partir du 1er février 1933, la taxe des communications avec le Vénézuela a été réduite de 780 à 530 francs.

II. Liste des pays avec lesquels la France est en relations téléphoniques au 1er mars 1933. — 1° *Pays d'Europe* : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Danzig, Espagne, Estonie, Finlande, Gibraltar, Grande-Bretagne, Grèce, Hongrie, Italie, Lettonie, Lithuanie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Sarre, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Yougoslavie.

2° *Pays hors d'Europe* : En Afrique : Maroc (zone française et Ceuta), Egypte, îles Canaries, colonie du Cap, Transvaal, Orange, Congo belge ;

En Amérique du nord : Canada, Etats-Unis, Cuba, Mexique, îles Bermudes ;

En Amérique du sud : République Argentine, Brésil, Chili, Uruguay, Vénézuela ;

En Asie : Indo-Chine française, Siam ;

En Océanie : Australie, Indes néerlandaises, îles Hawaï, Nouvelle-Zélande.

Inauguration d'installations d'essais à trois millions de volts. — Le 21 juin 1933, à Ivry-Port, en présence d'une nombreuse assemblée de savants et de chefs d'industrie, ont été inaugurées les nouvelles installations du laboratoire Ampère. Ce laboratoire, construit par la Compagnie générale d'électro-céramique, était, lors de sa première inauguration en 1923, le premier en Europe où la tension de un million de volts entre un pôle et la terre, ait été réalisée.

Aux installations existantes qui restent fondamentales a été ajoutée une installation permettant de réaliser dans une enceinte fermée et obscure, de véritables éclairs de foudre éclatant à des tensions pouvant atteindre 3 millions de volts : les surtensions sont produites à des vitesses réglables à volonté ; toute surtension observée dans la réalité peut être reproduite identique en laboratoire et une fois reproduite, enregistrée grâce à un oscillographe à rayons cathodiques de Dufour.

Le laboratoire Ampère est à l'heure actuelle le mieux équipé d'Europe pour les essais à haute tension.

BREVETS D'INVENTION.

Téléphonie.

744.806. Perfectionnements aux postes téléphoniques (Associated electric laboratories, Etats-Unis).

745.017. Perfectionnement aux fiches téléphoniques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

745.190. Perfectionnements apportés aux répétiteurs à conducteurs isolés (Telefonaktiebolaget L.M. Ericsson, Suède).

745.222. Emetteur perfectionné de signaux ou d'impulsions (Paul Joly, France).

745.289. Dispositif permettant d'éclairer correctement le cadran d'appel d'un poste téléphonique automatique (R.-E.-C. Humbert, France).

745.654. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques pour bureaux centraux du genre automatique (Le Matériel téléphonique, France).

746.001. Support pliant pour central téléphonique de campagne (A.-F. Le Gall, France).

746.035. Perfectionnements aux systèmes de supervision des standards téléphoniques (La téléphonie industrielle et commerciale, France).

746.055. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

746.140. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France).

41.902. Procédé et dispositif d'enregistrement des conversations téléphoniques (S. Isenberg, France) (1re addition au brevet n° 741.727).

41.987. Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques notamment à ceux des bureaux téléphoniques auxiliaires reliés respectivement par une ligne à un bureau téléphonique central (L.-L.-E. Chauveau, France). (2e addition au brevet n° 644.822).

42.126. Appareil pour désinfecter les instruments à usage public et particulièrement les téléphones (V. la Porta et G. Bruneau, France) (1re addition au brevet n° 737.931).

Transmission des images.

744.938. Procédé de transmission de télévision (M. von Ardenne, Allemagne).

745.487. Perfectionnements apportés aux dispositifs photoélectriques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

Pour la photométrie (détermination de la quantité totale de lumière produite par une source de grande surface à brillance non uniforme), pour l'émission d'images animées (télévision d'objets opaques explorés par un pinceau lumineux au poste émetteur), etc..., on a besoin de cellules photoélectriques non directives, c'est-à-dire répondant aux radiations propagées dans toutes les directions et interceptées par la cellule.

L'objet de ce brevet concerne une telle cellule où la couche photosensible (composé complexe de cœsium, d'oxygène et d'argent) est très mince, transparente et recouvre toute la surface intérieure de l'ampoule de la cellule photoélectrique. Cette couche mince est obtenue par projection sous l'influence d'une décharge électrique entre une rondelle d'argent portant un dépôt de cœsium et servant de cathode d'une part, et une tige mince passant par l'axe de symétrie de la rondelle et servant d'anode d'autre part. Deux conducteurs fins émergeant légèrement à l'intérieur de la surface sphérique de l'ampoule servent tout d'abord à déterminer l'épaisseur optimum de cette couche mince photosensible lors de sa formation (en mesurant la résistance électrique entre ces deux conducteurs fins), puis ils sont reliés ensemble pour former une des électrodes finales de la cellule photoélectrique ; l'autre électrode finale est constituée par l'ensemble de la rondelle et de la tige mince précitées reliées ensemble. La partie de matière sensible à la lumière qui reste sur cette rondelle après formation de la couche mince photosensible sur la paroi de l'ampoule n'a aucune influence fâcheuse sur le fonctionnement ultérieur de la cellule car cette rondelle faisant partie de l'électrode positive finale de la cellule les photoélectrons formés sur la rondelle par les rayons lumineux sont incapables de quitter cette rondelle.

745.888. Poste de télévision (A. Lebraud, France).

746.232. Amortisseur de bruits pour dispositifs de décomposition d'images (Fernseh A.G., Allemagne).

Pour avoir des images animées de bonne netteté, il faut utiliser au poste émetteur de télévision un dispositif de décomposition de grandes dimensions (roue à miroir de Weiller, ou disque de Nipkow de grand diamètre) ; les trépidations mécaniques et les vibrations acoustiques qui se produisent lorsque ce dispositif de décomposition tourne à grande vitesse perturberaient alors beaucoup les cellules photoélectriques et les amplificateurs électriques très sensibles situés à proximité.

L'objet de ce brevet est de faire tourner la roue à miroir de Weiller ou le disque de Nipkow dans une enceinte à parois conduisant mal les sons et à l'intérieur de laquelle un vide a été fait.

BIBLIOGRAPHIE.

Mesures radioélectriques élémentaires, par F. Dacos, chargé de cours à l'Institut électrotechnique Montefiore, et M. Rousseau, docteur ès-sciences, ingénieur assistant à l'université de Liége. Paris, Dunod, 1933. 1 vol in-16 de 234 pages, avec 30 figures. — Prix : 25f,85.

Ce livre expose méthodiquement et sous une forme simple les principes des mesures dont la connaissance est nécessaire pour entreprendre l'étude sérieuse de la technique radioélectrique. La lecture de ce livre, qui n'exige que la connaissance des notions fondamentales de la théorie des courants alternatifs sans faire appel aux mathématiques supérieures, est aussi nécessaire à l'étudiant qu'au technicien, qui y trouvera un grand nombre de mises au point intéressantes. H. S.

Les machines électriques et la prédétermination de leur puissance spécifique maximum, par J. Rezelman, Paris, Dunod, 1932, 1 brochure de 58 pages, avec 16 figures.

Cet ouvrage, a pour but d'aider à déterminer dans un certain nombre de cas le dimensionnement des machines électriques de façon à réaliser une puissance spécifique aussi grande que possible. Il traite les divers cas suivants : Dynamos à courant continu ; Moteurs triphasés asynchrones ; Turbo-alternateurs bipolaires à 3000 tours et à rotor lisse ; Alternateurs à inducteur intérieur tournant à pôles saillants ; Transformateurs statiques. H. S.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE

publiée par les soins de la Direction du Service central du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

(Bureau d'études, de documentation et de statistique.)

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'administration..... 20 fr.
Personnes étrangères à l'administration..... 50 fr.
(Pour la prise en charge du montant des abonnements, voir *Bulletin officiel* n° 15 de 1932, p. 517.)

Sommaire du n° 7 de 1933 (2e année).

M. Jules GAUTIER, grand-croix de la Légion d'honneur.
La Conférence préparatoire du Congrès postal universel du Caire, par M. LEBON, directeur de l'Exploitation postale au Ministère des P.T.T., délégué de l'administration française.
La propagande de l'administration des Postes pour vulgariser ses services, par M. ARGOUGES, rédacteur principal à la direction du Service central.
Le problème des transports à travers le Sahara et leur utilisation par l'administration des Postes, par M. LE LAY, sous-chef de bureau à la direction de l'Exploitation postale.

DOCUMENTATION GÉNÉRALE.

Loi tendant à adapter aux nécessités actuelles le régime des grands réseaux de chemins de fer d'intérêt général.
Projet de loi ayant pour objet de modifier la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

ADMINISTRATIONS PUBLIQUES FRANÇAISES.

Projet de loi tendant à régler, vis-à-vis de l'Etat français, la situation des fonctionnaires détachés de la métropole et incorporés dans le cadre tunisien.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

1° BUDGET ET COMPTABILITÉ.

Le projet du budget pour l'exercice 1934.
Recettes budgétaires de juin 1933.
Report de crédits de l'exercice 1932 à l'exercice 1933.

2° POSTE.

Réorganisation de la Compagnie générale transatlantique.
Petits paquets à destination de la Turquie.
Surtaxe aérienne des objets originaires de France et à destination de l'île de Madagascar ou de ses dépendances.
Circulation des wagons-poste et transport des colis postaux.
Modification à la périodicité du service postal aérien entre Marseille et Alger.
Conditions d'admission des objets de correspondance placés sous des enveloppes transparentes.

3° Télégraphe.

Service international de phototélégrammes.
Projet de décret portant fixation des tarifs de location d'installations radiotélégraphiques aux agences d'informations et aux journaux.
Redevance pour droit d'usage sur les installations réceptrices de radiodiffusion.
Arrêté relatif à la perception de la taxe sur les lampes de radiodiffusion.

4° Téléphone.

Renseignements statistiques sur le fonctionnement du service téléphonique.
Ouverture des relations téléphoniques avec le Pérou.

5° Chèques postaux et articles d'argent.

Mandats 1401 dont le destinataire demande l'application du montant à son compte courant postal.

6° Caisse nationale d'épargne.

Activité de la Caisse nationale d'épargne pendant le premier trimestre de 1933.

OFFICES ÉTRANGERS.

1° Poste.

Les premières boîtes aux lettres et l'origine du timbre-poste.
Allemagne. — Le développement de la Poste aux lettres d'après les statistiques.
Allemagne. — Résultats financiers de l'exploitation pour les deux premiers mois des années 1932 et 1933.
Allemagne. — Le trafic postal pendant le premier trimestre des années 1932 et 1933.
Allemagne. — Quelques particularités sur les timbres-poste.
Allemagne. — Le transport des urnes funéraires par la poste.
Allemagne. — L'éclairage électrique dans les locaux de la Poste.
Allemagne. — Payement des chèques postaux de voyage par les changeurs des gares.
Allemagne. — Statistiques des opérations de chèques postaux effectuées au cours du mois d'avril 1933.
Italie. — Activité des services postaux, télégraphiques et téléphoniques.
Japon. — La poste au Japon au cours des siècles passés.
Suède. — Le rôle de l'administration des Postes en matière de perception des impôts.
Suisse. — Statistique du nombre des postes récepteurs de radiodiffusion en 1932.
U.R.S.S. —Bureaux de poste mobiles et autobus postaux.

2° Télécommunications.

La Conférence européenne de radiocommunications de Lucerne.
Allemagne. — Le trafic télégraphique et téléphonique pendant le premier trimestre des années 1932 et 1933.
Allemagne. — Le développement des télécommunications d'après les statistiques.
Allemagne. — Un nouveau type d'appareil téléphonique à prépayement.
Australie. — Le déficit de l'exploitation téléphonique.
Etats-Unis. — Statistique du nombre des postes téléphoniques en 1932.
Etats-Unis. — Recensement des postes récepteurs de radiodiffusion à la date du 31 janvier 1933.
Etats-Unis. — Ouverture d'un nouveau service radiotéléphonique reliant les Etats-Unis à l'Europe et à l'Amérique centrale.
Grande-Bretagne. — La radiodiffusion et la traction électrique.
Grande-Bretagne. — La publicité par la radiodiffusion.

JURISPRUDENCE.

Logements gratuits. Retenues sur les traitements.
Fonctionnaires d'Alsace-Lorraine.
Validation de services pour la retraite. Anciens agents des chemins de fer.
Distribution du courrier par les concierges.
Voitures. — Voitures publiques. — Code de la route. — Excès de vitesse. — Croisement. — Droit de priorité. — Prescription de l'article 31. — Relaxe injustifiée.

BIBLIOGRAPHIE.

Articles de revue.

Le Gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ — 8-8-33.

LES MESURES RADIO-ÉLECTRIQUES AU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIO-ÉLECTRICITÉ.

(*Suite.*) [1]

V

MESURES SUR LES INDUCTANCES, LES CAPACITÉS ET LES DIÉLECTRIQUES [2].

Dans les quelques pages qui suivent, nous rappelons sommairement les mesures effectuées d'une façon normale, au Laboratoire national, sur les inductances, les capacités et les diélectriques. Les méthodes utilisées sont classiques à l'heure actuelle ; c'est pour cela que nous ne les avons pas traitées en détail. Nous en avons simplement rappelé les principes, afin que les industriels qui ont recours aux services du Laboratoire sachent comment sont effectués les essais qu'ils demandent et les résultats qu'ils peuvent en attendre. Nous nous sommes attaché à bien définir les quantités mesurées ; l'exposé ainsi fait peut paraître élémentaire ; mais il n'est pas inutile, si nous en jugeons par les questions qui nous sont posées quotidiennement par les usagers du Laboratoire. Certains pourront aussi penser que la précision cherchée est exagérée pour les besoins de la pratique courante. Nous répondrons à cela que ces besoins croissent constamment et que la précision obtenue aujourd'hui peut être insuffisante demain. Un exemple frappant de ces dernières années a été fourni par la mesure des longueurs d'onde. D'autre part, les recherches scientifiques pures dans la gamme des fréquences hertziennes se développent de jour en jour. Nous ne citerons en passant que les

1. Voyez *Annales des P.T.T.*, nos 7 et 8, 1933.
2. Note présentée par M. Abadie, ingénieur.

mesures de constantes diélectriques susceptibles d'apporter quelque lumière dans l'étude de l'édifice moléculaire. Le Laboratoire national doit pouvoir fournir aux chercheurs l'étalonnage précis de leurs instruments de travail.

I. Inductances.

Rappel de quelques définitions. — Une inductance peut être schématiquement représentée comme l'indique la figure 32.

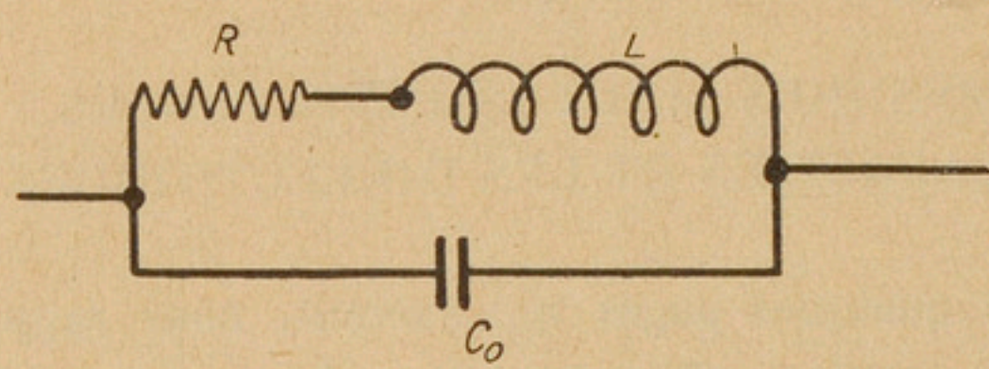


Fig. 32.

L est la *self-induction* de la bobine ; C_0, sa *capacité propre ; R*, sa *résistance.* Cette dernière est d'ailleurs fonction de la fréquence

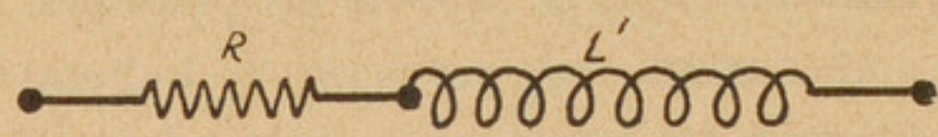


Fig. 33.

sur laquelle est utilisée la bobine. Le schéma de la figure 32 peut être remplacé par celui de la figure 33, où l'on a très sensiblement :

$$\mathcal{L} = \frac{L}{1 - L C_0 \omega^2},$$

Nous appellerons $\mathcal{L}$ la *self-induction apparente* de la bobine à la fréquence $\frac{\omega}{2\pi}$.

Etalon primaire d'inductance. — L'établissement d'un étalon d'inductance offre un grand intérêt, car c'est de lui que l'on part non seulement pour la mesure des inductances, mais aussi pour la mesure des capacités, comme nous le verrons plus loin. La self-induction d'un tel étalon est calculée à partir des dimen-

sions géométriques de l'enroulement, dimensions que l'on détermine avec le plus de précision possible.

Il a été prévu, au Laboratoire, la construction d'un tel étalon. L'enroulement sera fait sur un bloc de marbre blanc ; les essais effectués sur un échantillon de ce bloc dans les laboratoires de la Sorbonne à l'aide d'une balance de Curie n'ont pas décelé de trace de magnétisme. Le bobine aura la forme d'un solénoïde d'environ 200 spires sur un cylindre de 25 centimètres de diamètre ; sa self-induction sera de l'ordre de 5 millihenrys. Nous pensons atteindre une précision voisine du 1/100.000. L'enroulement de l'étalon ainsi prévu sera effectué dans le courant de l'année, en même temps que celui que doit faire le Laboratoire central d'électricité pour une bobine analogue à la nôtre, mais de valeur sensiblement plus grande. M. Jouaust, sous-directeur de ce laboratoire, dirige actuellement les travaux d'aménagement d'un local de dimensions suffisamment grandes et où la température pourra rester constante pendant l'enroulement.

En attendant la construction d'une telle bobine, nous disposons d'un étalon réalisé par nous, également sur bloc de marbre. Cet étalon se compose de deux enroulements massés, et leur inductance a été calculée à l'aide de la formule de Rosa. Leur valeur est de l'ordre du dixième d'henry. Cet étalon a été comparé à un étalon de même nature, mais de valeur notablement plus grande, qui avait été construit par le Laboratoire central d'électricité. Les mesures, qui ont été effectuées à une fréquence de 100 périodes par seconde en collaboration avec M. Picart, ingénieur à ce laboratoire, ont montré une concordance des étalonnages légèrement inférieure à 1/10.000. D'autre part, nous avions mesuré une inductance de l'ordre de 5 millihenrys à l'aide de notre étalon primaire d'inductance. Par les soins de M. Jouaust, nous avons pu la faire mesurer au National physical laboratory en Angleterre ; les résultats ont été concordants à 2/10.000 près.

En définitive, la précision à laquelle nous pouvons prétendre pour la mesure des inductances de l'ordre de quelques millihenrys est, à l'heure actuelle, voisine du dix-millième. Elle est évidemment très suffisante pour les besoins de la pratique industrielle ; mais

elle peut être encore insuffisante pour certaines recherches scientifiques. Nous espérons, concurremment avec le Laboratoire central d'électricité, l'améliorer prochainement.

Étalons secondaires (fig. 34). — Les étalons primaires sont constitués de manière à ce que leurs dimensions puissent être déterminées avec une grande précision. La valeur donnée par les formules est valable pour une fréquence nulle ou extrêmement

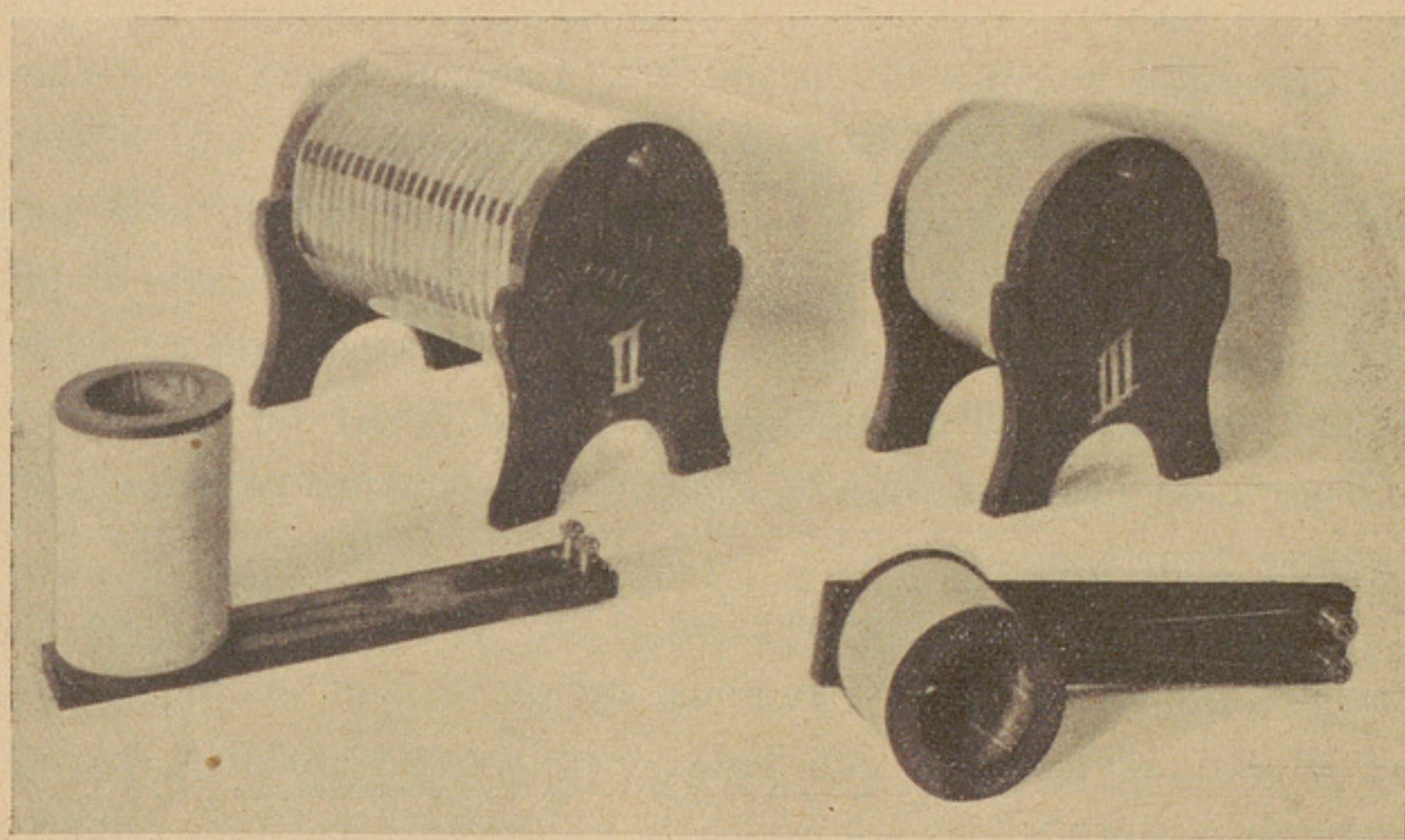


Fig. 34. — Etalons secondaires de self-induction.

basse, car le fil de l'enroulement est plein et leur capacité propre est généralement assez élevée. On est donc amené à construire des inductances étalons secondaires dont la valeur, déterminée en très basse fréquence à partir des étalons primaires, soit à peu près indépendante de la fréquence, du moins dans la gamme des fréquences musicales. Ces inductances sont bobinées en fil très divisé pour diminuer l'effet de peau, et l'enroulement est fait par tranches séparées ou à spires suffisamment éloignées pour diminuer la capacité propre. Nous possédons un certain nombre de bobines ainsi construites, dont la valeur va d'une centaine de microhenrys à une dizaine de millihenrys. Leur valeur est déterminée avec une précision qui est de l'ordre de 1/5.000 pour les plus grandes et de 1/1.000 pour les plus petites. Les enroulements

sont faits sur de l'ébonite ; mais prochainement nous procéderons à l'établissement de bobines enroulées sur des cylindres en silice fondue et sous tension, ce qui conduira à une stabilité meilleure de l'étalonnage.

Nous utilisons aussi, pour nos mesures à fréquence musicale, une inductance mutuelle variable de Campbell, étalonnée à 800 périodes par seconde. Elle est particulièrement commode pour la mesure précise des inductances et des capacités, comme nous le verrons plus loin. L'étalonnage à 800 périodes par seconde a été déterminé avec une précision de l'ordre de 1 /10.000.

Mesures effectuées sur les inductances. — 1° Pour mesurer avec précision la self-induction d'une bobine, il faut que le terme $LC_0\omega^2$ soit négligeable devant l'unité. Il faut donc opérer à très basse fréquence. Les mesures précises de self-induction sont effectuées à l'aide de ponts alimentés en courant de fréquence musicale. Nous sommes outillés pour faire de telles mesures de précision (pont de Heaviside, pont de Maxwell, etc.). Nous n'insistons pas sur les détails opératoires, qui sont classiques. La précision obtenue est celle avec laquelle sont connus nos étalons, c'est-à-dire de 1 /10.000 pour les inductances de l'ordre de quelques millihenrys et au dessus. La précision est inférieure pour des self-inductions plus petites. Il doit être bien entendu que cette précision ne peut être obtenue que pour des inductances parfaitement déterminées, donc très soigneusement construites et stables.

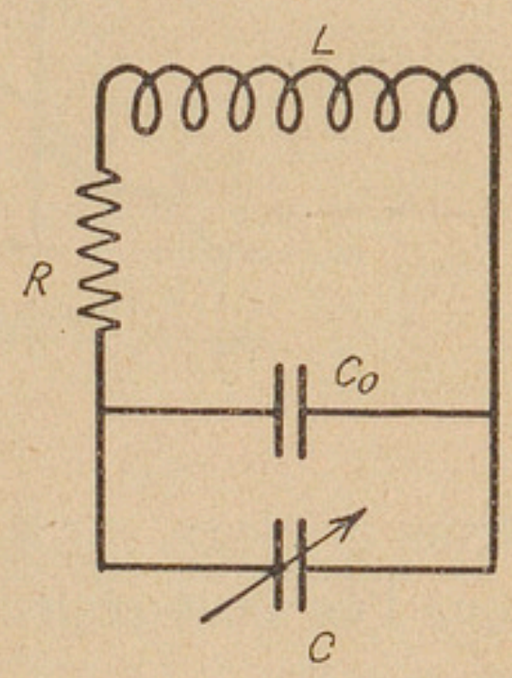


Fig. 35.

2° Les mesures nécessaires à la technique courante demandent une moins grande précision. Elles sont faites en mesurant les longueurs d'onde de résonance d'un circuit oscillant constitué avec la bobine à mesurer et une capacité variable étalonnée. On a donc un circuit constitué schématiquement comme l'indique la figure 35 ; C_0 représente la capacité propre. La longueur d'onde de résonance sera donc telle que $\lambda^2 = (2\pi v)^2 L (C + C_0)$.

Si l'on trace (fig. 36) la courbe $\lambda^2 = f(C)$, on obtient une droite dont l'abscisse à l'origine est précisément C_0. On détermine ensuite facilement L.

La précision d'une telle mesure n'est pas très grande. Dans les meilleures conditions, on peut atteindre quelques millièmes pour L et beaucoup moins pour C_0. Mais les résultats ainsi obtenus sont très suffisants pour les besoins de la pratique. Ils sont d'ail-

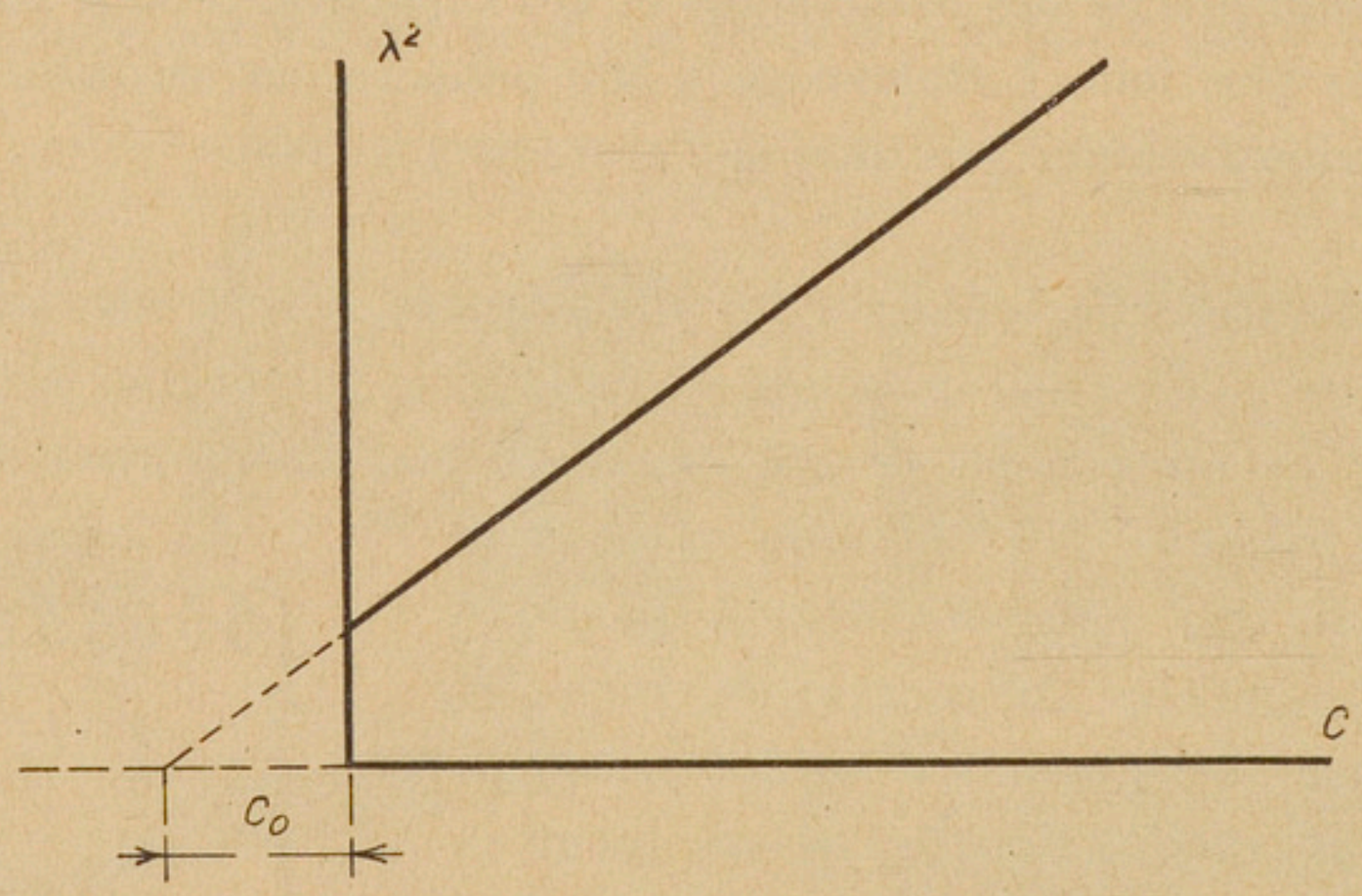


Fig. 36.

leurs précieux, car ils permettent de déterminer la gamme d'ondes que l'on peut réaliser avec une bobine et une capacité variables données.

Ce que nous avons appelé la self-induction apparente à la fréquence $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{\lambda}$ est donnée par l'équation :

$$\lambda^2 = (2\pi v)^2 \mathcal{L} C.$$

3° Mesure de la résistance d'une inductance. — Les mesures de résistances de bobines se font à l'aide de la méthode de variation de résistance, dont nous rappelons le principe. On constitue (fig. 37) un circuit oscillant avec l'inductance L à étudier et une capacité variable C dont les pertes sont négligeables ; le circuit comprend aussi un appareil A de mesure de courant (généralement un thermo-couple et un galvanomètre) et un système (commutateur, godets à mercure, etc...) permettant d'insérer des résis-

tances pures ρ. Au lieu d'un ampèremètre A, on peut utiliser un voltmètre aux bornes de C, ou encore un circuit auxiliaire de mesure couplé à L. Un émetteur E, faiblement couplé au circuit L C, induit dans ce dernier un certain courant dont l'intensité efficace est donnée par l'équation :

$$i = \frac{M \omega I}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}},$$

où M est le coefficient d'induction mutuelle entre L et la bobine de couplage B, et où I est l'intensité du courant dans cette der-

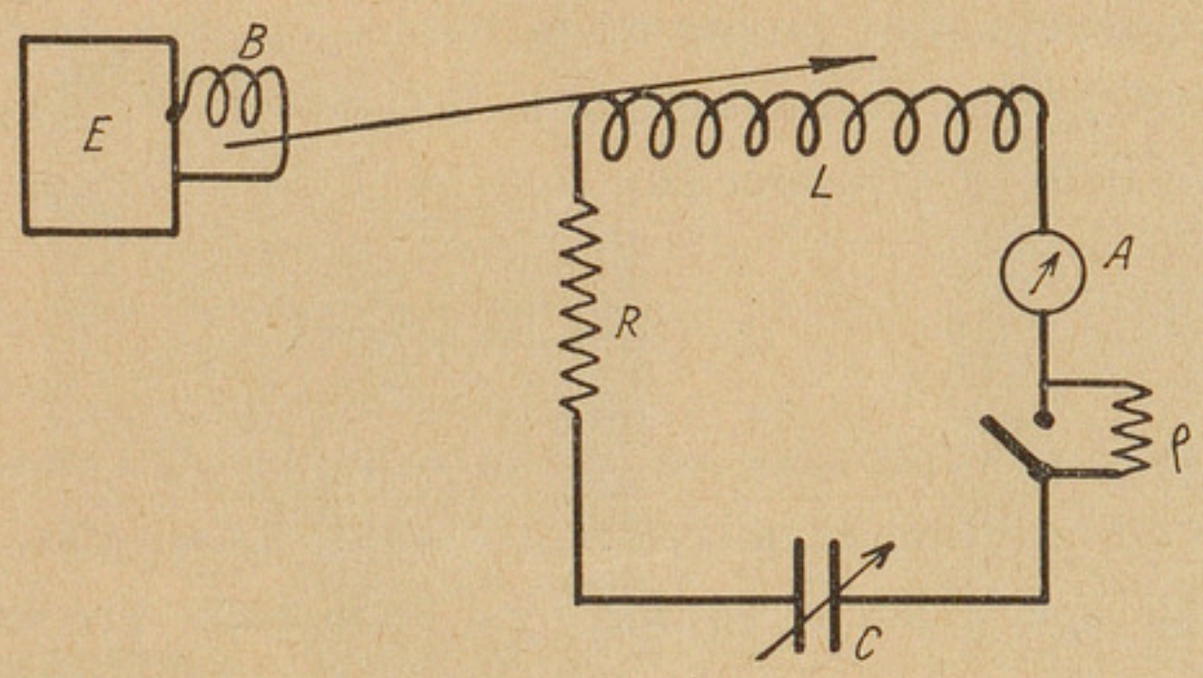


Fig. 37.

nière. Lorsque le circuit LC est accordé, i devient maximum et égal à :

$$i = \frac{M \omega I}{R}.$$

Si l'on introduit maintenant la résistance ρ, on aura une intensité i' égale à :

$$i' = \frac{M \omega I}{R + \rho},$$

d'où :

$$Ri = (R + \rho)\, i'.$$

et

$$R = \rho \frac{i'}{i - i'}.$$

La méthode est applicable sur des ondes courtes (de l'ordre de 50 mètres) ; on pourra voir la photographie d'un tel dispositif dans la partie réservée aux pertes dans les diélectriques.

En général, l'appareil A n'est étalonné qu'en valeur relative. Par exemple, pour un thermo-élément, les déviations δ et δ' données par le galvanomètre sont respectivement proportionnelles à i^2 et i'^2, et l'on a :

$$R = \rho \frac{\sqrt{\delta'}}{\sqrt{\delta} - \sqrt{\delta'}}.$$

Nous n'insisterons pas sur les précautions qu'il convient de prendre dans l'utilisation de cette méthode, qui s'applique aussi bien aux bobines de grandes dimensions qu'à celles de petites dimensions. Disons seulement que, pour des mesures de résistances sur la longueur d'onde propre de la bobine ou près de cette longueur d'onde, il est nécessaire que la bobine ait une coupure médiane pour pouvoir y insérer l'appareil A et les résistances ρ.

II. Capacités.

Les capacités utilisées en radiotélégraphie ont des valeurs de l'ordre du millième de microfarad. Aussi le Laboratoire national s'est-il plus spécialement équipé pour la mesure précise de ces capacités.

Etalons primaires. — Il est possible de calculer, d'après ses dimensions, la capacité d'un condensateur de forme géométrique simple. C'est ce qui a été fait, notamment, pour la construction des électromètres absolus. Mais, entre autres difficultés, l'emploi indispensable d'un anneau de garde rend pratiquement impossible la comparaison avec une autre capacité. On peut, il est vrai, réaliser des variations de capacités (calculables d'après leurs dimensions) telles que celles qui ont été faites avec des condensateurs cylindriques. Mais la précision atteint difficilement 1/1.000. C'est pour ces raisons que nous n'avons pas jusqu'ici entrepris une capacité étalon calculée : nous sommes partis soit de self-inductions et de résistances, soit de fréquences et de résistances connues avec précision pour étalonner, par les méthodes classiques, nos étalons secondaires de capacité.

Etalons secondaires. — *a*) *Etalons secondaires fixes.* — La première condition à réaliser par un étalon est, par définition, la constance de l'étalonnage en toute circonstance d'emploi. Nous nous sommes surtout attaché, pour les capacités fixes, à avoir la stabilité dans le temps, sans nous attacher à obtenir la constance avec la température. Cette dernière condition nous aurait conduit à l'emploi d'un métal spécial pour les armatures, de conductibilité moins grande que celle du cuivre, ou encore à une construction plus compliquée. L'angle de pertes des étalons aurait été

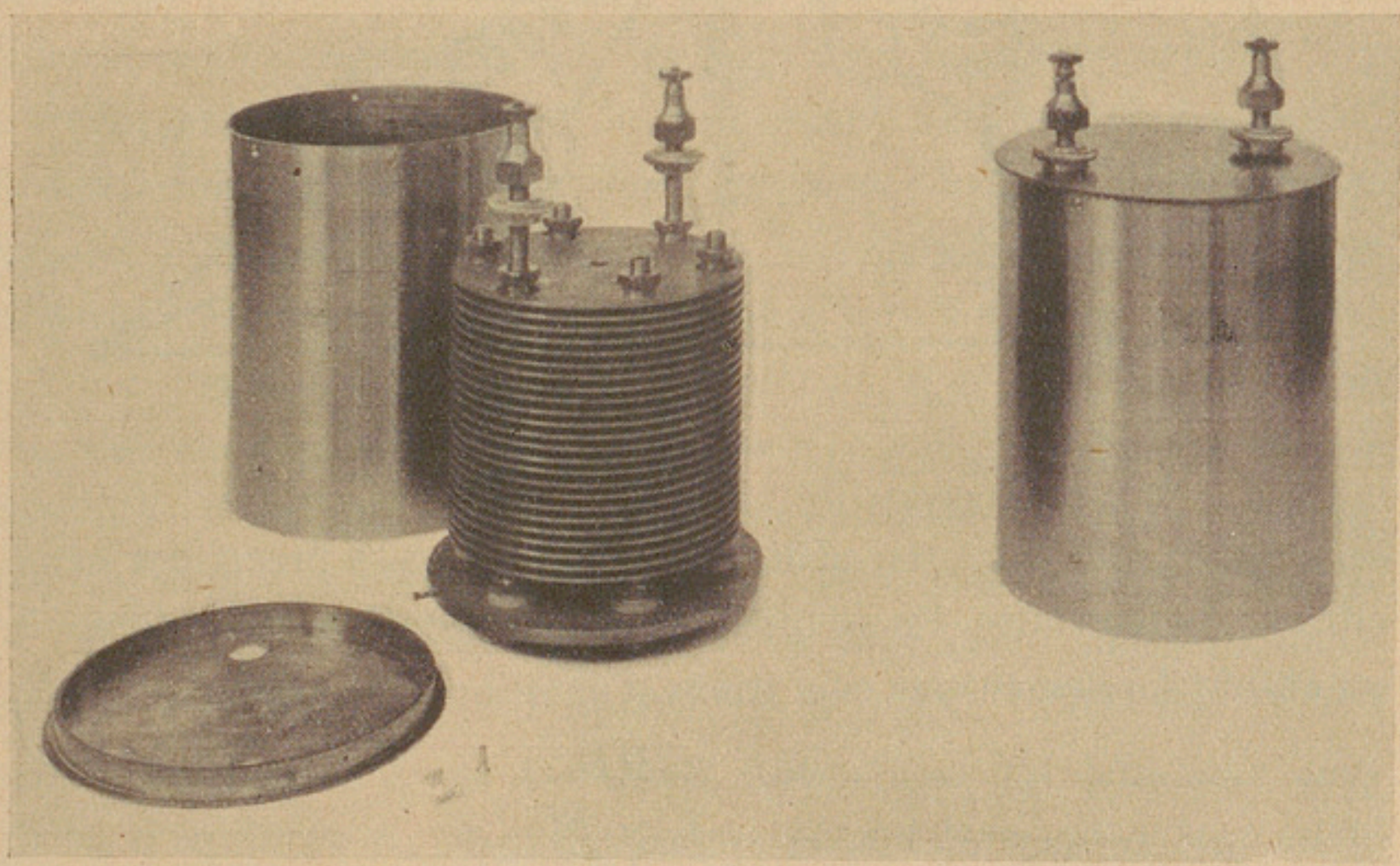


Fig. 38. — Etalons secondaires de capacité.

très sensiblement augmenté, sans obtenir un avantage intéressant, car les étalons sont exclusivement utilisés au Laboratoire, où la température est sensiblement constante.

La figure 38 montre la construction des capacités fixes. Les deux systèmes de plaques, qui forment deux systèmes aussi rigides que possible, sont isolés de la plaque support au moyen de canons et rondelles en silice fondue transparente. Nous n'insistons pas sur les précautions prises pour assurer le serrage énergique des écrous de blocage et ainsi la fixité des armatures. Ces dernières sont isolées de l'écran ; mais, à l'aide des écrous que l'on voit sous les bornes, on peut relier indifféremment l'une ou l'autre à l'écran.

Chaque condensateur fixe peut ainsi être utilisé différemment suivant les cas.

Les capacités fixes étalons secondaires ont été d'abord étalonnées par comparaison avec une induction mutuelle variable à l'aide du pont de Carey-Foster. Nous rappelons (fig. 39) le schéma

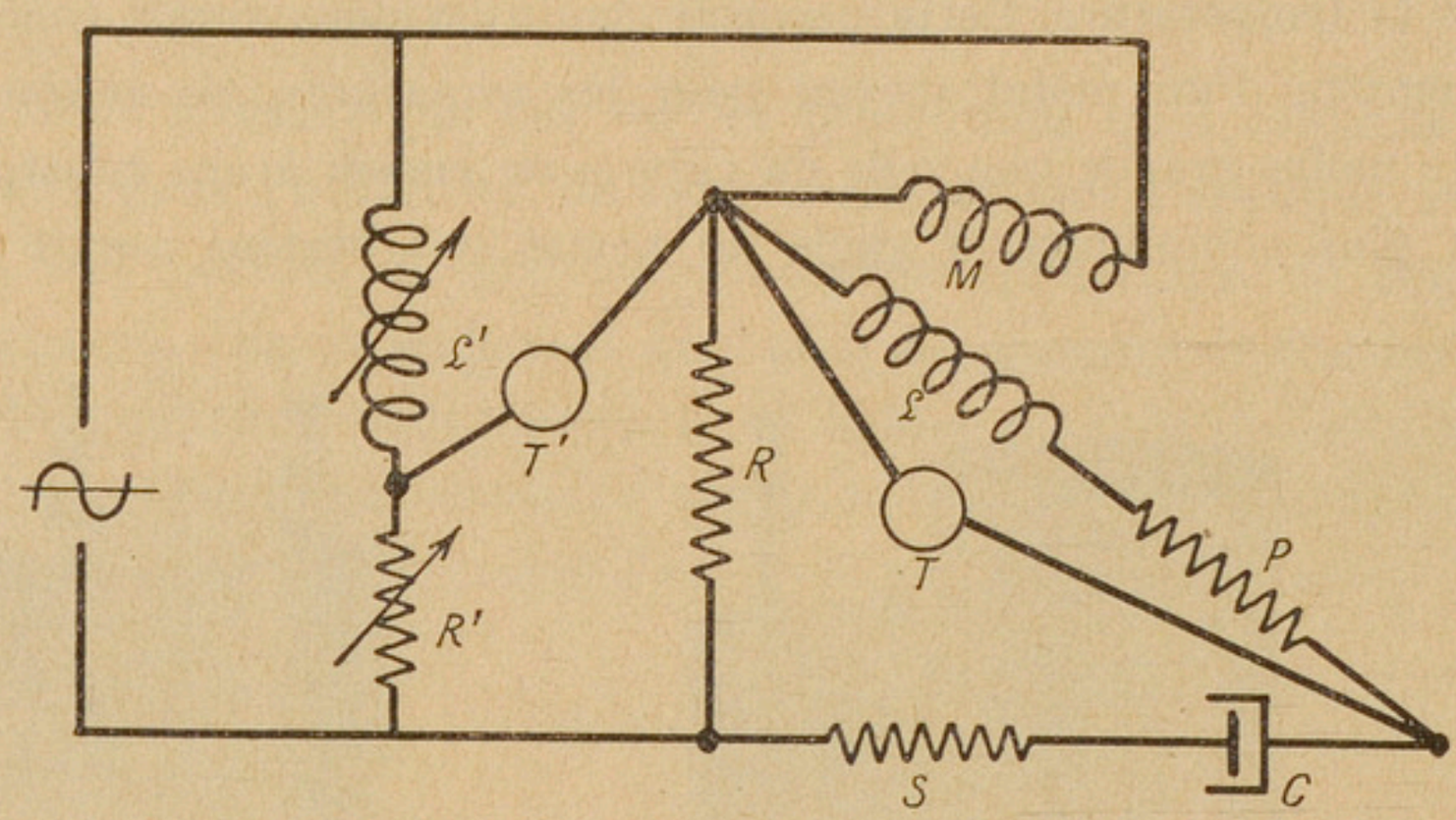


Fig. 39.

de ce pont, qui est aussi utilisé pour l'étalonnage précis des capacités au Laboratoire. En se rapportant aux notations de la figure 6, on établit facilement les conditions d'équilibre, qui sont :

$$MC = PR.$$

$$S = R\frac{L - M}{M}.$$

Le pont de Wagner $L'R'$, réglé de manière à obtenir le silence au téléphone T', met la branche du téléphone T au potentiel du sol.

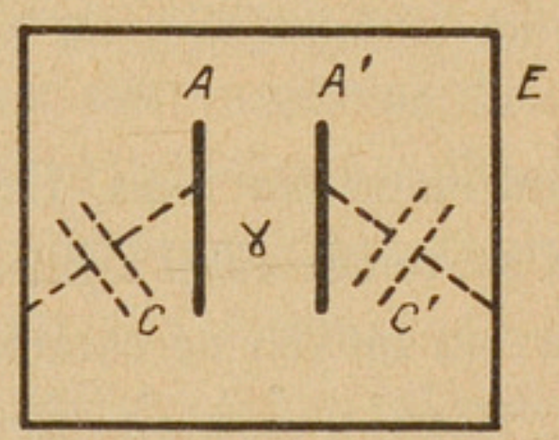


Fig. 40.

Les condensateurs fixes étalons secondaires peuvent être schématiquement représentés par trois capacités, γ, c et c', comme il est indiqué sur la figure 40. On peut réaliser les quatre combinaisons suivantes : 1° A et A' sont isolées de E, qui est relié à la terre ; 2° A' et E sont réunis et reliés au côté du téléphone, donc au potentiel du sol ; 3° comme 2°, mais en permutant A et A'; 4° A et A' sont reliés ensemble et E est mis,

comme dans les deux cas précédents, au potentiel du sol. On voit que, dans ces quatre cas, on mesure successivement γ, $\gamma + c$, $\gamma + c'$ et $c + c'$, d'où l'on déduit γ, c et c', avec une équation supplémentaire qui permet de se rendre compte de la correction des résultats. La précision des résultats obtenus dépend essentiellement de la précision de l'étalonnage de l'inductance mutuelle et des résistances P et R. En modifiant dans de larges mesures le produit PR, nous avons trouvé, pour nos mesures, des résultats qui concordent à moins de 1/10.000 près. Les mesures qui sont effectuées périodiquement ont pour premier but de vérifier la constance des capacités, car des capacités fixes, construites il y a quelques années, ne nous ont pas donné satisfaction à ce sujet. Concurremment, des essais sont en cours pour déterminer les valeurs à partir de fréquences et de résistances connues avec précision. D'autre part, dès que l'étalon primaire d'induction dont il a été question plus haut sera construit, il sera utilisé pour des mesures analogues. En définitive, la précision d'étalonnage de nos capacités fixes, qui est de l'ordre de 1/10.000 à l'heure actuelle, pourra sans doute être améliorée, du moins pour les plus grandes.

Les valeurs des capacités fixes dont nous avons donné sommairement la réalisation sont de l'ordre de 3.000, 1.500, 800 et 400 micromicrofarads. Pour terminer, disons que la deuxième condition d'équilibre écrite ci-dessus permet de déterminer leur angle de pertes ; nous l'avons trouvé pratiquement nul.

b) *Etalons secondaires variables.* — Il serait peut-être commode, pour certaines mesures, de disposer d'une capacité variable dont l'étalonnage serait connu avec une grande précision. Mais la réalisation d'une telle capacité présente de très grandes difficultés, que ne semblent pas contrebalancer les avantages d'emploi. La précision des capacités variables dont nous disposons est de l'ordre de 1/1.000 et nous ne les utilisons que pour les mesures rapides de capacités : pour les mesures précises, nous avons recours aux capacités fixes ou aux étalons d'induction.

Mesures de capacités. — 1° *De faible précision* (de l'ordre de 1/100). — Elles sont faites par l'introduction de la capacité

dans un circuit oscillant accordé au préalable sur une certaine longueur d'onde et dont on refait l'accord par variation d'une capacité variable étalonnée. Même pour cette précision, qui est faible, il convient de prendre certaines précautions : connexions convenables entre les deux capacités, etc...

2° *De haute précision* (de l'ordre de 1/10.000 et au dessus). — Pour cette précision, les méthodes de pont alimentées en fréquence musicale sont les plus commodes et les plus précises. A ce sujet, nous dirons en passant qu'on se leurre parfois sur la précision des méthodes très sensibles utilisées en haute fréquence, la méthode des battements, par exemple. Ce sont surtout des

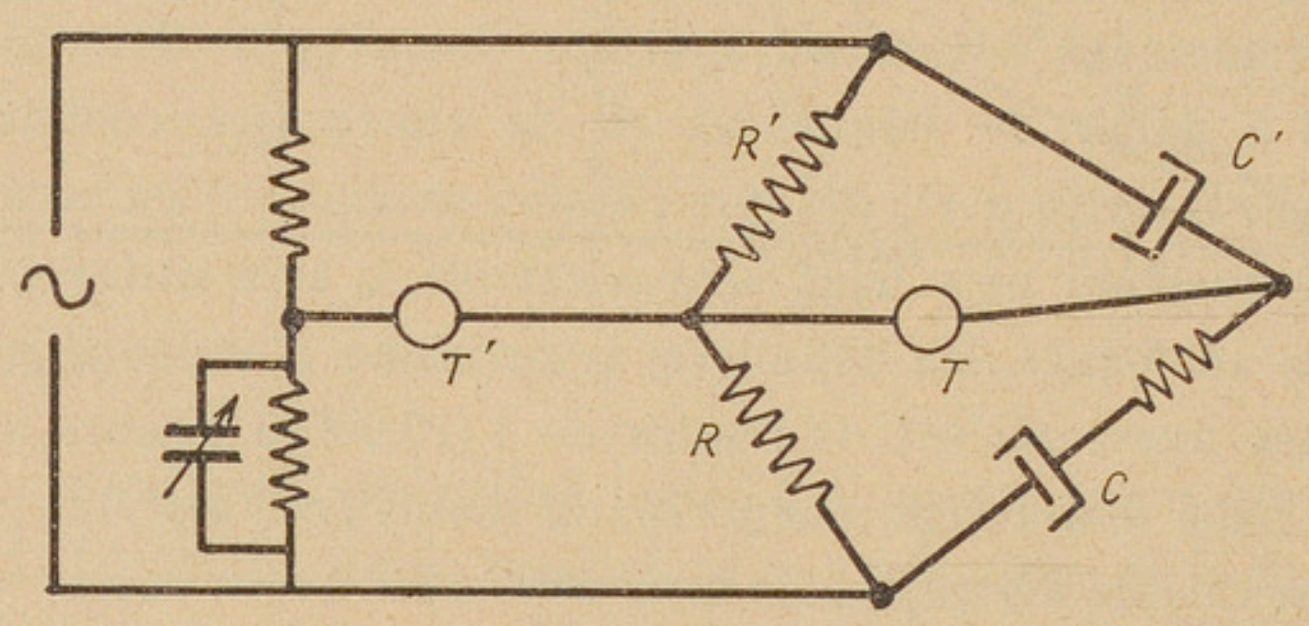


Fig. 41.

méthodes commodes pour étudier des variations de capacité. Dans la mesure absolue des capacités, les principales erreurs viennent de la capacité qui sert d'étalon et de l'incertitude sur ce que l'on compare réellement. Quand on désire une grande précision par ces méthodes, il faut disposer d'une capacité variable connue avec précision, ce qui est difficile, comme on l'a dit plus haut, et de plus annuler l'effet des capacités parasites.

C'est pour cela que nous utilisons, au Laboratoire, la méthode du pont de Carey-Foster telle que nous l'avons décrite tout à l'heure. Pour s'assurer qu'il n'y a pas de dérangement accidentel dans le pont, on mesure en même temps une capacité étalon secondaire fixe. On peut aussi utiliser un pont de Sauty (fig. 41) pour mesurer la capacité inconnue *C'* à l'aide d'une de nos capacités étalons secondaires fixes ; mais, dès que l'on a des bras inégaux,

R et *R'*, les mesures sont délicates à faire : il faut que l'angle de phase des boîtes de résistances soit bien connu ou absolument négligeable, le réglage du pont de Wagner doit être précis, etc... Le pont de Carey-Foster semble, pour ces mesures, plus précis ; en tout cas, il est plus commode.

Variations des condensateurs en fonction de la température. — Pour étudier les variations d'un condensateur en fonction de la température, on le place dans une enceinte chauffée dont l'air est brassé par un ventilateur. La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre. Les variations de capacité sont mesurées en intercalant la capacité dans un dispositif sensible, le plus souvent un pont de Carey-Foster. On peut ainsi étudier des variations très faibles, nettement inférieures à 1/10.000 pour des capacités de l'ordre du millième de microfarad. Les mesures sont assez longues, car il faut, avant d'obtenir des résultats constants, bien dessécher l'enceinte et aussi souvent l'appareil dont on veut étudier les variations. Les résultats ne doivent pas varier suivant qu'on opère pour des températures croissantes ou pour des températures décroissantes.

Des mesures de variations de condensateurs en fonction de l'état hygrométrique de l'air n'ont pas donné de résultats constants, par suite des variations des résistances d'isolement, de formation de dépôts d'eau sur les lames, etc...

Mesure des capacités internes des lampes. — Les trois électrodes d'une triode forment entre elles trois capacités directes (fig. 42). Dans une lampe à grille-écran, la différence de potentiel alternative entre le filament et l'écran étant pratiquement nulle, on peut supposer que le filament et l'écran ne forment qu'une même électrode, et l'on retombe sur le cas précédent. Il est intéressant de connaître la valeur de ces trois capacités, surtout de la capacité grille-plaque. La difficulté de la mesure provient de la petitesse de la capacité à

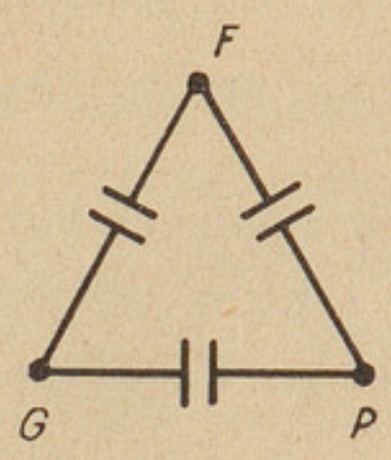


Fig. 42.

mesurer et aussi de la nécessité de bien localiser, dans un schéma électrique, cette dernière.

Nous utilisons, pour nos mesures, un pont (fig. 43) qui n'est autre que le pont de Sauty légèrement modifié et qui a déjà été

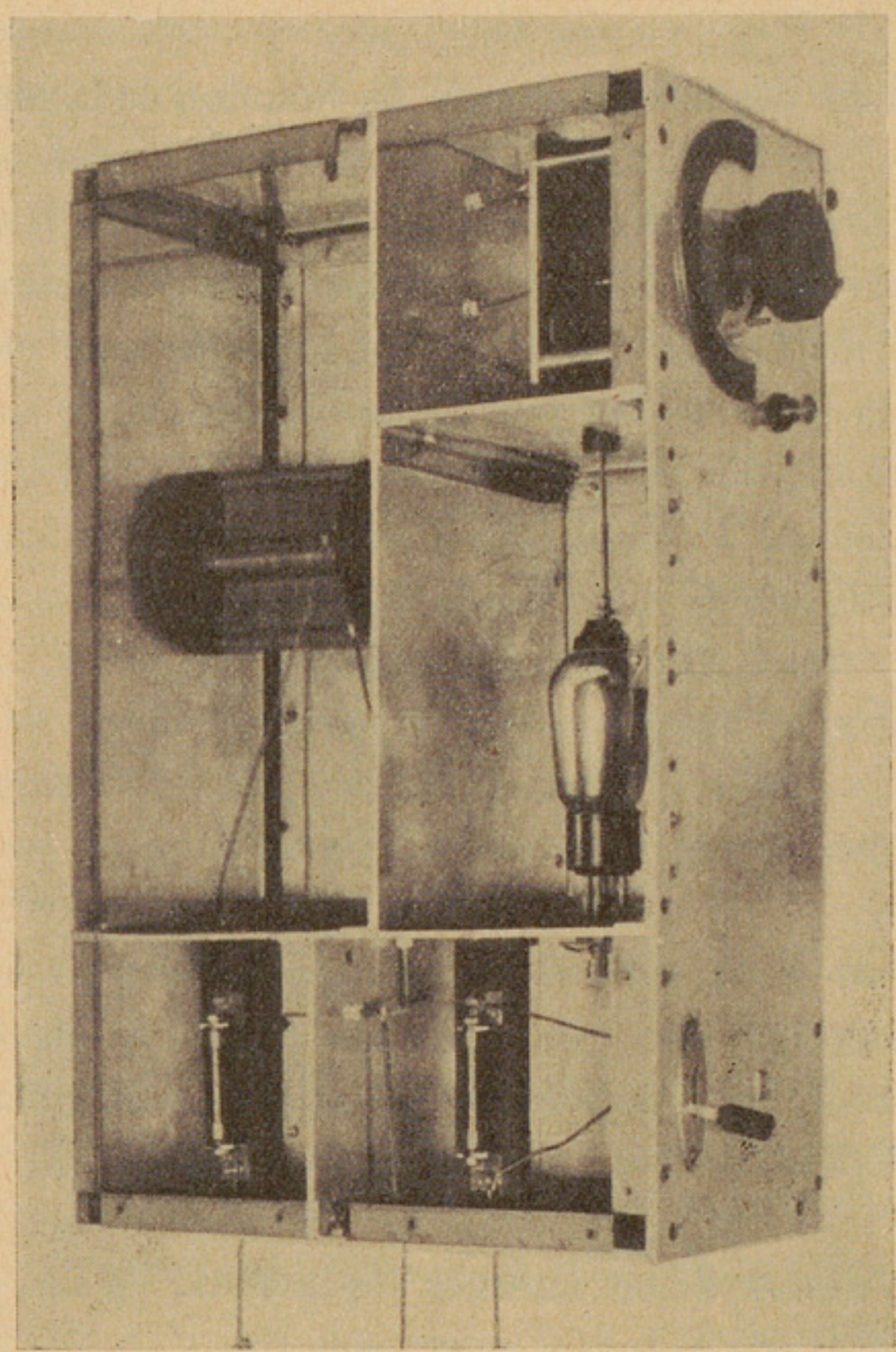


Fig. 43. — Pont pour la mesure des capacités internes de lampes.

utilisé dans ce but par un assez grand nombre d'expérimentateurs. Le schéma est donné par la figure 44. La capacité C_{pf} est sans effet sur l'équilibre du pont. Les conditions d'équilibre s'écrivent :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C}{C_{gp}}, \qquad \frac{C}{C_1} = \frac{C_{gp}}{C_{gf}}.$$

La capacité variable C est étalonnée. Elle doit être d'ailleurs de valeur très faible, de l'ordre du micromicrofarad. En fait, cette

capacité est constituée par deux lames fixes entre lesquelles vient s'interposer une lame mobile reliée à la terre ; on a ainsi, en somme, une capacité variable à résiduelle nulle (voir Zickner, *E.N.T.*, 1930, Band 7, Heft 11). Cette capacité variable est étalonnée par un pont analogue et par rapport à une capacité variable beaucoup plus grande.

Le pont dont nous venons de donner le principe est soigneusement blindé. Utilisé en fréquence musicale normale, il permet de faire des mesures de capacité jusqu'à des valeurs légèrement inférieures au centième de micromicrofarad. La capacité grille-plaque de certaines lampes à grille-écran est, à l'heure actuelle, inférieure à cette limite. Il ne semble pas que la sensibilité du pont puisse être sensiblement accrue. Nous utiliserons prochainement une autre méthode, qui, paraît-il, permet de mesurer des capacités très faibles. Mais évidemment il ne faut pas chercher, avec des valeurs aussi petites, une précision illusoire, et il semble falloir se borner à avoir des résultats comparatifs.

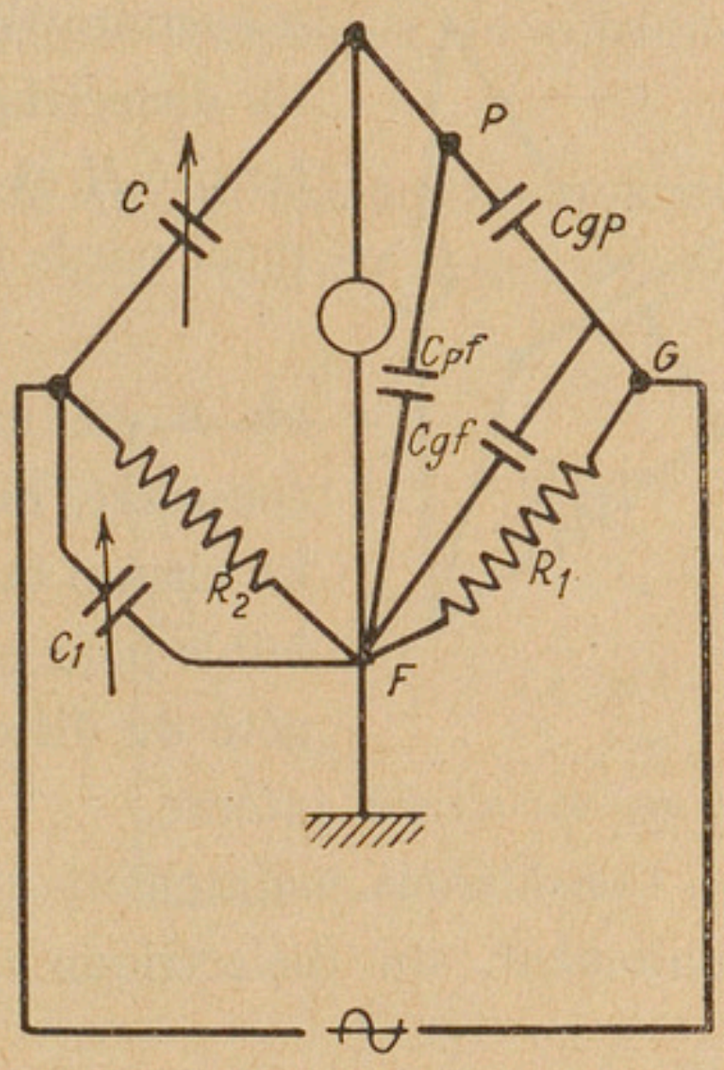


Fig. 44.

III. Pertes dans les diélectriques et les capacités.

On sait que tout diélectrique placé dans un champ alternatif devient le siège de pertes d'énergie. Ces pertes d'énergie peuvent modifier d'une façon très sensible les propriétés de l'appareil dans la construction duquel il entre. Par exemple, l'acuité de la courbe de résonance d'un circuit oscillant dépend de la qualité des diélectriques (support de la bobine, isolement de la capacité, etc...) qui entrent dans sa constitution. Les pertes d'énergie peuvent même produire, dans certains cas, la destruction des isolants. On conçoit donc l'intérêt qui s'attache à l'étude des diélectriques

placés dans des champs à fréquence radiotélégraphique. Nous allons, avant de décrire sommairement les méthodes utilisées pour cette étude, donner quelques définitions utiles.

Angle et facteur de pertes. — L'expérience montre que, dans le domaine des fréquences utilisées pratiquement, la perte d'énergie dW, dans un élément de volume dv du diélectrique soumis à l'action du champ d'intensité H et de fréquence f, est donnée sensiblement par la formule :

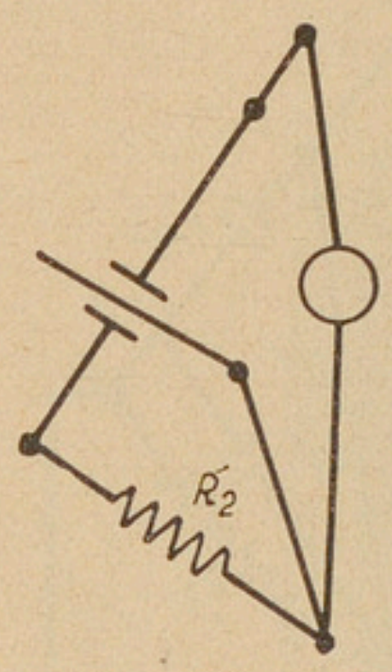


Fig. 45.

$$dW = k\, H^2\, f\, dv, \qquad (1)$$

où k est une constante pour le diélectrique considéré, que l'on appelle le *facteur de pertes*. Le champ doit avoir une intensité suffisamment faible pour ne pas produire d'échauffement exagéré du diélectrique et de modification sensible de sa structure interne.

Considérons maintenant une capacité quelconque. Par suite, notamment, du diélectrique qui entre nécessairement dans sa

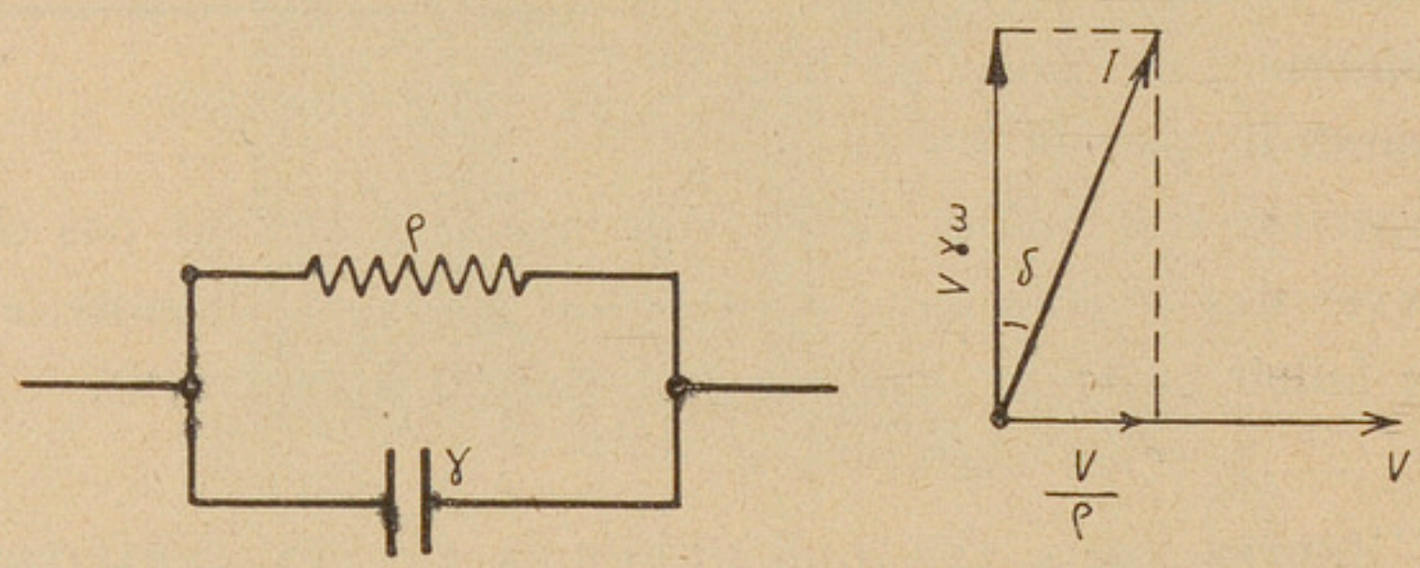


Fig. 46.

construction, cette capacité n'est pas parfaite. Autrement dit, lorsqu'on lui applique une tension alternative V, le courant qui la traverse n'est pas exactement en quadrature avec V : il n'est en avance sur V que d'un angle $\frac{\pi}{2} - \delta$, δ étant, par définition, l'*angle de pertes* de la capacité. Cette dernière devient donc le siège d'une perte de puissance égale à $V\, I \sin \delta$.

Une telle capacité peut être schématiquement représentée par une capacité parfaite γ shuntée par une résistance ρ (fig. 46).

Comme le montre clairement le diagramme, lorsqu'on applique à l'impédance ainsi constituée la tension V, elle est traversée par un courant d'intensité I, en avance sur V de l'angle $\frac{\pi}{2} - \delta$, où

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\rho \gamma \omega}.$$

Nous appellerons ρ la *résistance parallèle équivalente* du condensateur.

Mais il est parfois plus commode de représenter la capacité réelle par le schéma de la figure 47 : une capacité parfaite C en

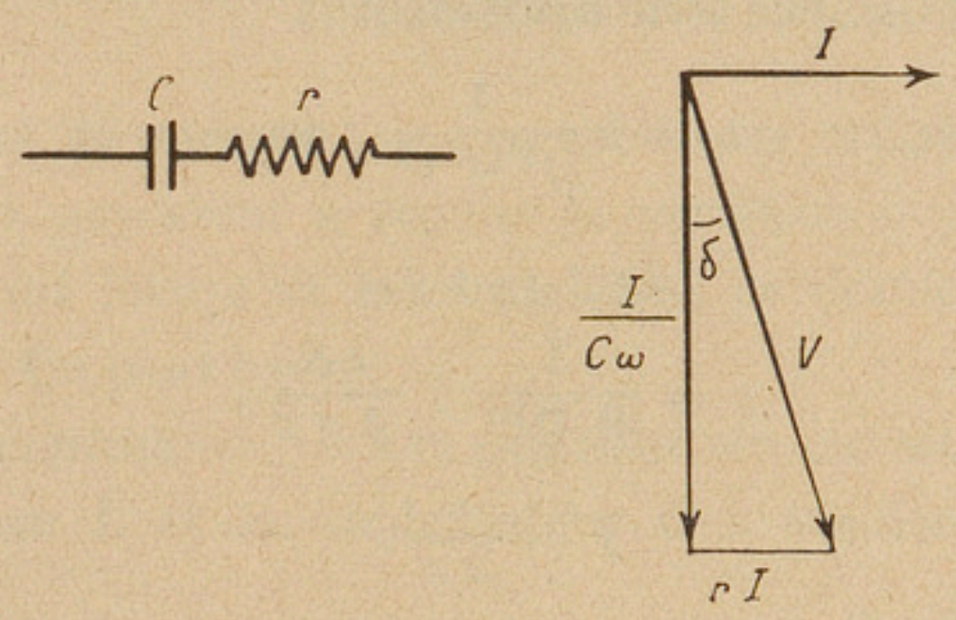


Fig. 47.

série avec une réssitance r. Le diagramme montre que l'on a ici :

$$\operatorname{tg} \delta = r C \omega.$$

Nous appellerons r la *résistance série équivalente* du condensateur.

Ces généralités posées, considérons un condensateur de forme quelconque, mais dont tout le champ entre les armatures est localisé dans un même diélectrique, de conductibilité nulle ou négligeable. Supposons de plus négligeables les pertes d'énergie dans les armatures et n'envisageons que les pertes définies par la formule (1). On peut montrer, et c'est ce qui fait l'intérêt de sa considération dans le cas d'un diélectrique, que l'angle de pertes de ce condensateur dépend uniquement de la nature du diélectrique.

Montrons-le simplement ici dans le cas d'un condensateur plan. Pour éviter toute confusion, nous prenons, pour les quantités électriques, les unités pratiques électromagnétiques et le centimètre comme unité de longueur. Soit donc un condensateur plan

dont les armatures ont une surface S et sont distantes de e. Soit ε le pouvoir inducteur spécifique du diélectrique. On a : $H = \frac{V}{e}$, et, puisque le champ est uniforme dans tout le diélectrique :

$$W = k \frac{V^2}{e^2} f Se$$

et, comme

$$V = \frac{I}{\gamma \omega},$$

$$W = k \frac{1}{\gamma^2 \omega^2 e^2} f Se . I^2,$$

d'où, pour la résistance série équivalente :

$$r = k \frac{1}{\gamma^2 \omega^2 e^2} f Se.$$

Comme :

$$\operatorname{tg} \delta = r \gamma \omega$$

$$\gamma = \frac{1}{9.10^{11}} \cdot \frac{\varepsilon S}{4 \pi e},$$

$$f = \frac{\omega}{2 \pi},$$

on obtient en fin de compte :

$$\operatorname{tg} \delta = 18.10^{11} \frac{k}{\varepsilon}.$$

δ ne dépend donc bien que de k et de ε, c'est-à-dire des caractéristiques du diélectrique.

En résumé, au point de vue des pertes d'énergie dont il est le siège dans un champ à haute fréquence, un diélectrique peut se caractériser soit par son facteur de pertes, soit par son angle de pertes. Comme nous venons de le voir, ces deux quantités ne sont pas d'ailleurs indépendantes. Le coefficient à considérer dépend de l'emploi que l'on veut faire de ce diélectrique.

Par exemple, pour le support d'une bobine, on a intérêt à prendre un diélectrique dont le facteur de pertes soit le plus petit possible. Si, comme c'est le cas en général, on désire obtenir pour cette bobine une capacité propre faible, entre deux diélectriques ayant le même facteur de pertes, on choisira celui qui a la plus petite constante diélectrique, autrement dit le plus grand angle de pertes.

Si l'on désire construire une capacité fixe avec un certain diélectrique, on choisira celui qui a le plus petit angle de pertes. Pour une capacité variable pour laquelle on désire une capacité résiduelle aussi faible que possible, on pourra avoir intérêt à prendre le diélectrique qui aura le plus faible facteur de pertes et la plus petite constante diélectrique.

Néanmoins, sauf dans quelques cas particuliers, il serait illusoire de se livrer à un discernement très précis. Les résultats précédents sont obtenus à partir d'une loi empirique qui n'est qu'approchée. D'autre part, dans la pratique, d'autres considérations peuvent avoir une grande importance.

Méthodes de mesure. — Les méthodes utilisées au Laboratoire national consistent à étudier la variation de résistance d'un circuit oscillant lorsqu'on intercale dans ce dernier le condensateur à l'essai. On peut opérer :

1° *Par substitution.* — On constitue un circuit oscillant avec une inductance L et le condensateur C à étudier (fig. 48). Les

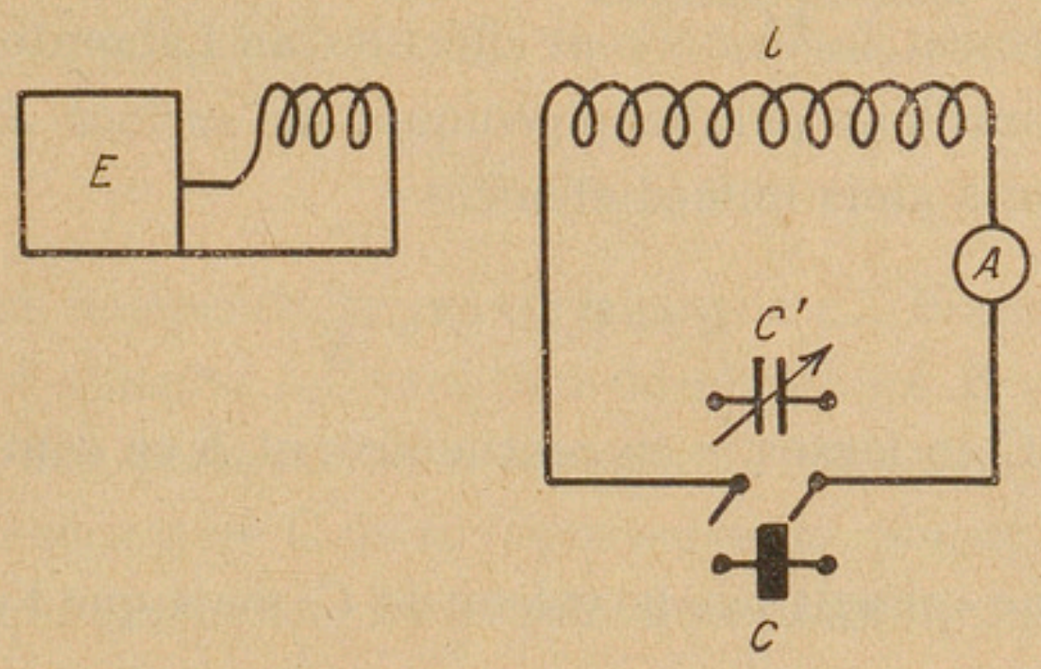


Fig. 48.

différentes méthodes de mesure de la résistance d'un circuit oscillant exigent d'abord l'accord de ce dernier sur la longueur d'onde de l'émetteur E. Cet accord se fait en faisant varier cette longueur d'onde et en suivant les indications de l'ampèremètre A. Cela fait, on mesure la résistance du circuit oscillant, soit R'. On substitue ensuite à C une capacité variable C' dont les pertes sont pratiquement nulles. Sans toucher à E, on refait l'accord du circuit oscil-

lant à l'aide de C' et l'on mesure sa résistance, soit R. On a :

$$r = R' - R.$$

Comme la valeur de C est déduite de la valeur de C', que l'on suppose étalonnée, on a :

$$\operatorname{tg} \delta = r C \omega \quad (r \text{ en ohms, } C \text{ en farads}).$$

ω est déduite de la longueur d'onde mesurée à l'aide d'un contrôleur.

La détermination de k, dans le cas d'un échantillon constituant exclusivement le diélectrique de C, exige la connaissance de son pouvoir inducteur spécifique ε. Il faut, dans ce cas, constituer une capacité de forme géométrique simple, en général plane ou cylindrique. On peut calculer la valeur C_1 de cette capacité lorsque le diélectrique est le vide, et l'on a alors :

$$\varepsilon = \frac{C}{C_1},$$

d'où :

$$k = \frac{1}{18.10^{11}} \frac{C}{C_1} \operatorname{tg} \delta.$$

Normalement, les essais sont effectués, au Laboratoire national, sur des échantillons parallélipipédiques de surface S et d'épaisseur e, et l'on a alors immédiatement :

$$k = 0{,}5\, r\, C^2 \omega \frac{e}{S}$$

(r en ohms, C en farads, e en centimètres et S en centimètres carrés).

Si l'on ne connaît pas la valeur de C, mais que l'on connaisse celle de L, on a

$$L C \omega^2 = 1,$$

d'où :

$$C = \frac{1}{L \omega^2},$$

et :

$$k = 0{,}5 \frac{r}{L^2 \omega^3} \cdot \frac{e}{S},$$

où L est exprimé en henrys.

2° *Par addition.* — On opère ainsi quand on ne peut négliger les pertes qui se produisent dans la capacité variable C'. La capa-

cité C est placée alors en parallèle sur la capacité variable C'. (fig. 49). On fait l'accord du circuit oscillant à l'aide de C', qui a alors la valeur C'_1, et l'on mesure la résistance du circuit oscillant, soit R'_1. On supprime la capacité C, on refait l'accord avec C', qui prend une nouvelle valeur C'_2, et l'on mesure la nouvelle résistance, soit R'_2. On a d'abord : $C = C'_2 - C'_1$. Posons $R = R'_1 - R'_2$. Comme nous le verrons tout à l'heure en examinant les pertes dans une capacité variable, la résistance du circuit oscillant est

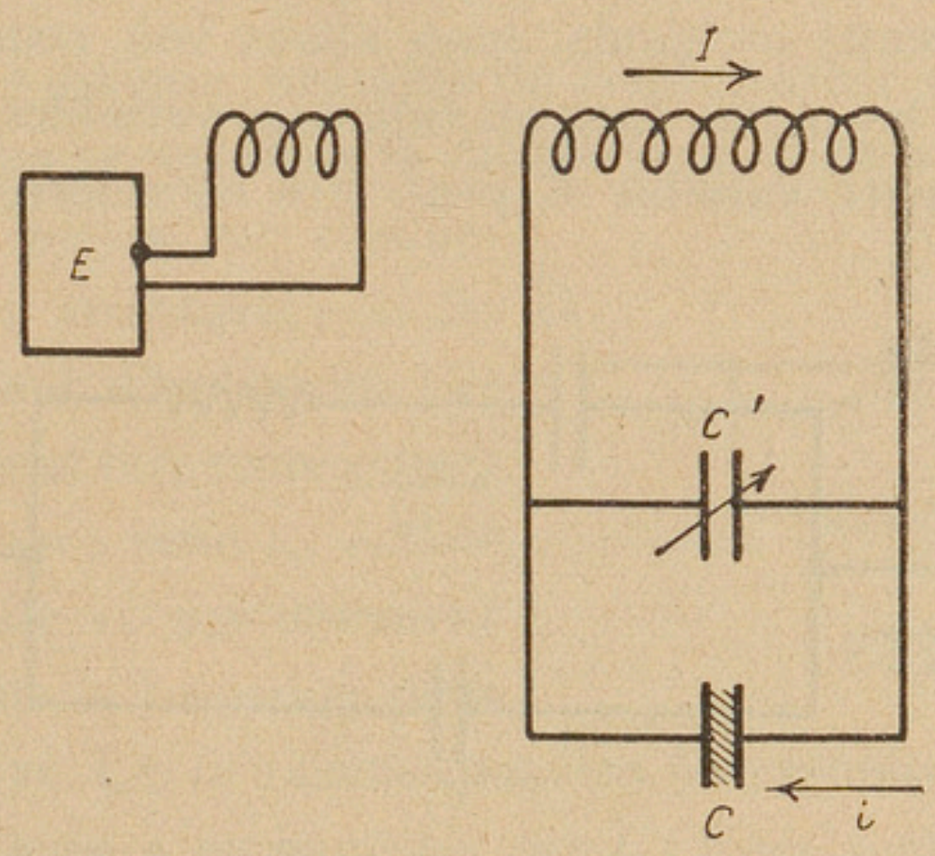


Fig. 49.

pratiquement indépendante de la valeur de C', toutes choses restant égales d'ailleurs. La variation de résistance R est donc due uniquement aux pertes dans la capacité C. De R, on peut déduire la résistance série r de C de la façon suivante. Soient I l'intensité du courant qui passe dans L et i celle du courant qui passe dans C. On a :

$$R I^2 = r i^2,$$

et, comme

$$L \omega I = \frac{i}{C \omega}$$

on en déduit :

$$r = \frac{R}{L^2 C^2 \omega^4},$$

d'où :

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{R}{L^2 C \omega^3},$$

ou encore, puisque $L\,C'_2\,\omega^2 = 1$:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{R\,\omega\,(C'_2)^2}{C}\,.$$

Le calcul de k dans le cas d'un échantillon de diélectrique se fait comme ci-dessus ; nous n'insisterons pas sur les formules, qui s'établissent très simplement.

Pertes dans les capacités variables. — Avant d'examiner brièvement les méthodes que nous utilisons pour mesurer les résistances des circuits oscillants, nous allons voir comment peuvent se représenter les pertes dans les capacités variables.

Une capacité variable C peut être considérée comme cons-

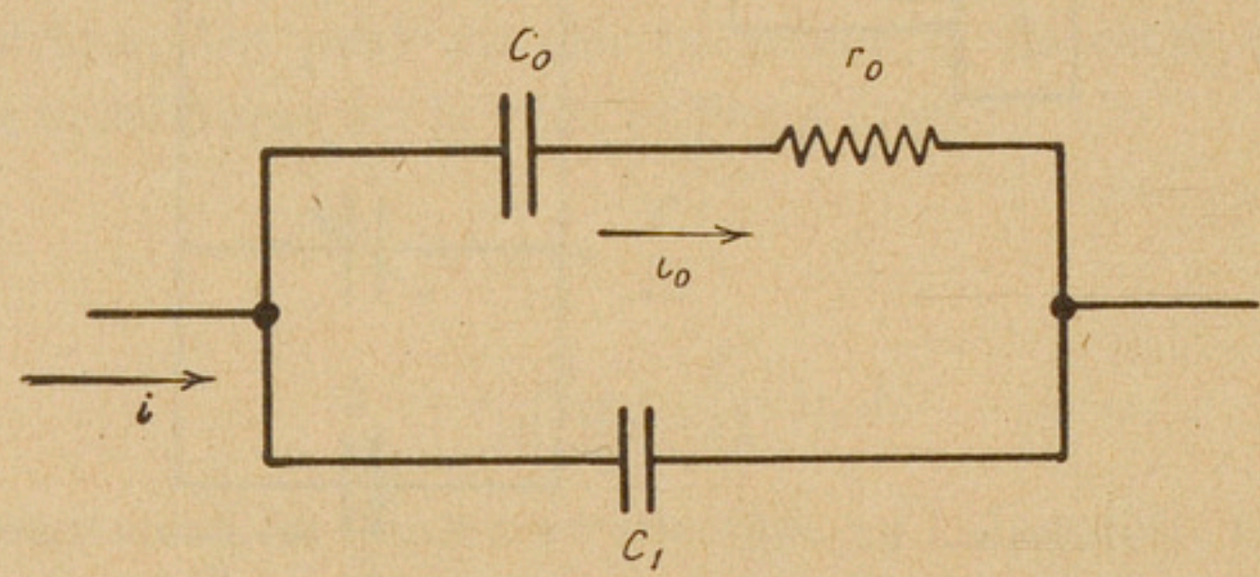


Fig. 50.

tituée par une capacité fixe C_0 en parallèle avec une capacité C_1 rigoureusement sans pertes (fig. 50). C_0 est constituée par le diélectrique solide qui assure l'isolement des lames fixes et mobiles.

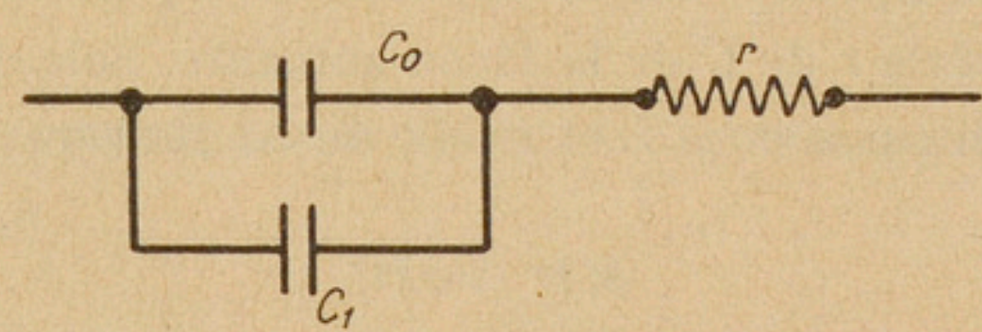


Fig. 51.

(Il ne faut pas le confondre avec la capacité résiduelle de C.) C_1 admet l'air comme diélectrique. Si δ désigne l'angle de pertes du diélectrique solide, la résistance série équivalente r_0 de C_0 est donnée par :

$$r\,C_0\,\omega = \operatorname{tg}\delta.$$

Au lieu de considérer la résistance r_0, on peut considérer (fig. 51)

la résistance r en série avec l'ensemble de la capacité C. Si i_0 est l'intensité du courant qui passe dans C_0 et i celle du courant total qui passe dans C, on a sensiblement :

$$\frac{i_0}{i} = \frac{C_0}{C},$$

et, comme

$$r i^2 = r_0 i_0^2,$$

on en déduit :

$$r = r_0 \left(\frac{C_0}{C}\right)^2 = \frac{C_0 \operatorname{tg} \delta}{C^2 \omega} = \frac{\alpha}{C^2 \omega},$$

où $\alpha = C_0 \operatorname{tg} \delta$ est une constante du condensateur variable.

En plus des pertes dans le diélectrique, il convient de considérer : 1° les pertes par conductivité dans les armatures ; 2° les pertes par défaut d'isolement. Les premières peuvent être représentées par une résistance série r_1, en général très petite et pratiquement indépendante de la fréquence dans un large domaine. Les deuxièmes peuvent être représentées (fig. 52) par une résistance ρ en parallèle sur C. Elles sont équivalentes aux pertes dans une résistance série r_2 très sensiblement égale à :

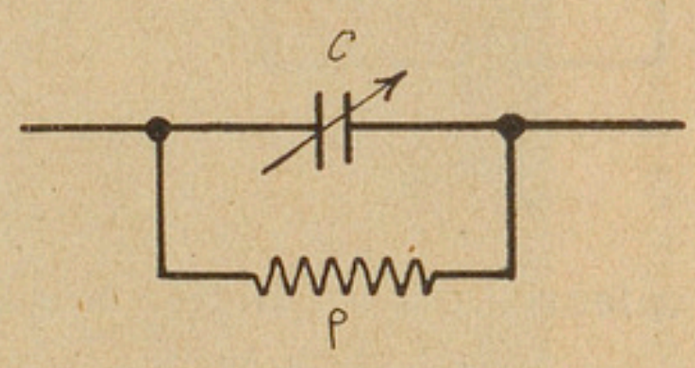


Fig. 52.

$$r_2 = \frac{1}{\rho C^2 \omega^2} = \frac{\beta}{C^2 \omega^2}, \qquad \text{où} \qquad \beta = \frac{1}{\rho}.$$

En résumé, la résistance série équivalente R d'une capacité variable est de la forme :

$$R = r_1 + \frac{\alpha}{C^2 \omega} + \frac{\beta}{C^2 \omega^2},$$

où r_1, α et β sont trois constantes. L'expérience a vérifié cette formule.

Dans l'expression de R, r_1 et β sont, en général, très petits et le terme prépondérant est le deuxième que nous considérerons seul dans la suite. On pourrait choisir le coefficient α pour caractériser les pertes dans une capacité variable. M. Mesny en a choisi un autre, qui lui est d'ailleurs proportionnel et qui est plus commode d'emploi. Supposons que la capacité variable C soit branchée

aux bornes d'une inductance L, en parallèle ou non avec d'autres capacités, et évaluons la résistance apportée par cette capacité dans la résistance totale du circuit (fig. 53). Si i_1 est l'intensité du courant qui passe dans R_1 et i celle du courant qui passe dans C, on a très sensiblement :

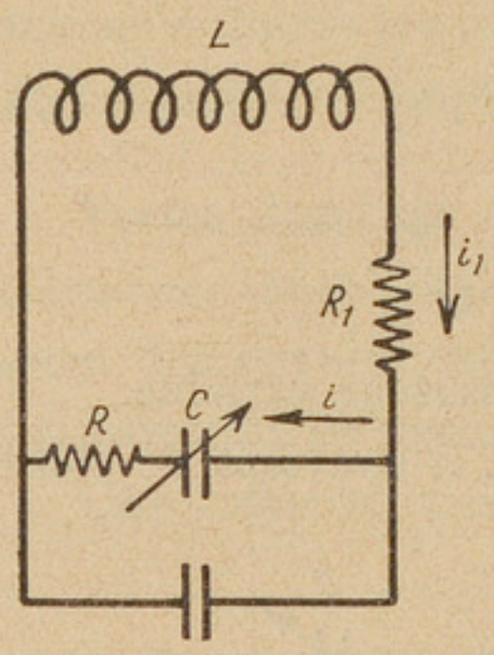


Fig. 53.

$$R i^2 = R_1 i_1^2,$$

et, comme $L \omega i_1 = \dfrac{i}{C \omega}$:

$$R_1 = R L^2 C^2 \omega^4 = \alpha L^2 \omega^3,$$

en remplaçant R par $\dfrac{\alpha}{C^2 \omega}$.

On a encore $R_1 = A \dfrac{L^2}{\Omega^3}$ où A est une constante caractéristique du condensateur. On voit que R_1 est indépendante de la valeur de la capacité. Nous appellerons A le *coefficient caractéristique de pertes du condensateur variable.* Nous exprimons, comme l'a fait M. Mesny (voir *Onde électrique*, mars et avril 1922), R en ohms, L en millihenrys, et Ω en kilomètres. Avec ces unités, A a des valeurs de l'ordre de l'unité pour des condensateurs de qualité moyenne. Avec de bons condensateurs de construction courante dans le commerce, il est compris entre 0,1 et 0,2.

Mesure de la résistance d'un circuit oscillant. — La détermination des différents coefficients ci-dessus se ramène donc à la mesure de la résistance d'un circuit oscillant. Les méthodes actuellement utilisées au Laboratoire national se ramènent aux suivantes :

1° *Méthode de la résistance additionnelle.* — Nous en avons rappelé le principe dans l'étude des résistances des inductances. Pour obtenir des résultats corrects, il est nécessaire de prendre certaines précautions sur lesquelles nous ne pouvons insister ici (couplage faible entre le circuit oscillant et l'émetteur, stabilité de ce dernier en fréquence et en puissance, etc...). La précision des mesures de résistances de circuits oscillants effectuées par cette méthode peut dépasser 1/100. Suivant les valeurs des angles ou des facteurs de pertes, la précision obtenue pour ces derniers est

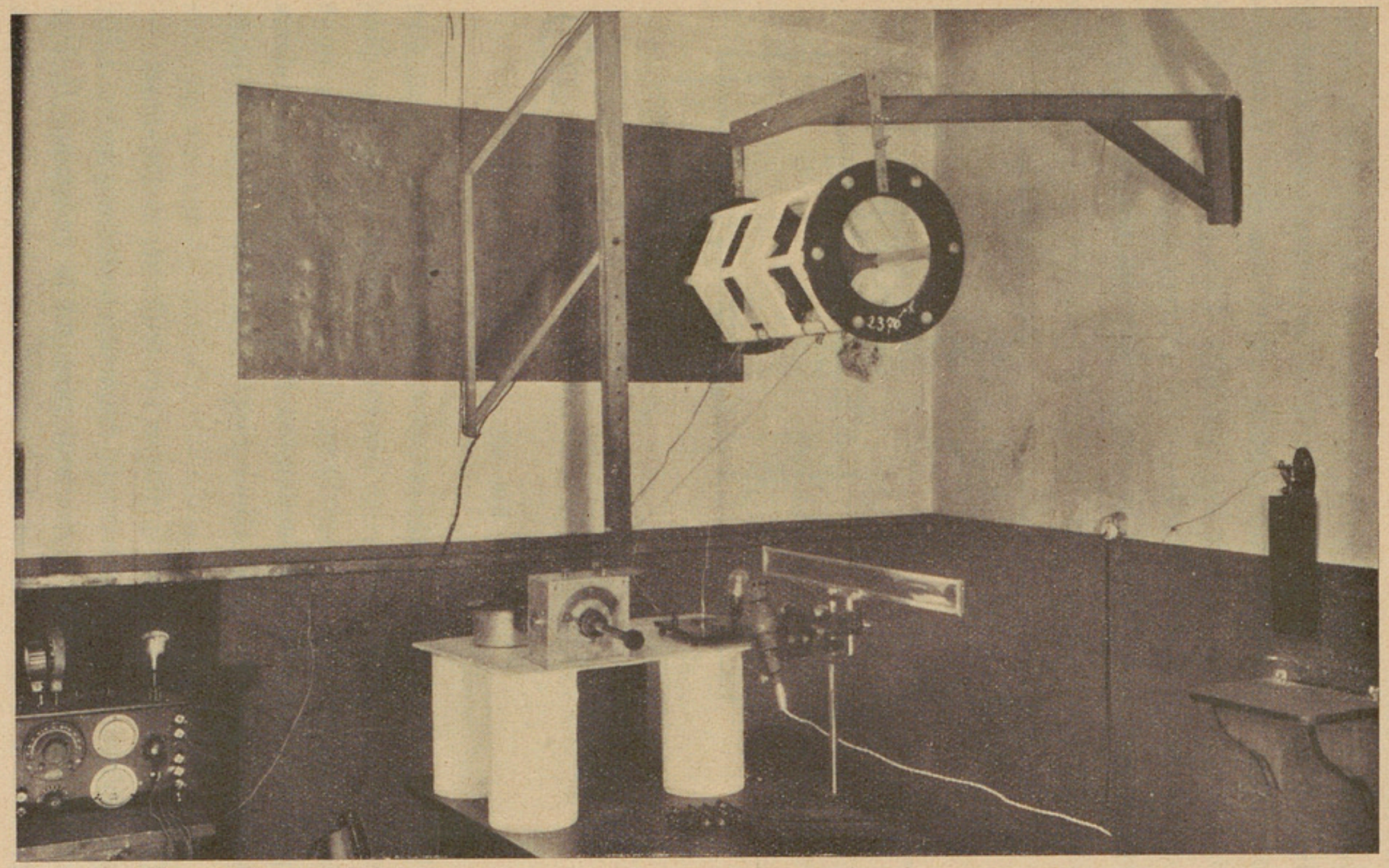


Fig. 54. — Installation pour la mesure des résistances et des pertes en haute fréquence sur ondes moyennes et courtes.

de l'ordre de quelques centièmes. Cette précision est extrêmement variable avec la forme des échantillons, leur épaisseur, la planéité de leurs faces, etc...

Le grand avantage de cette méthode est de pouvoir isoler le circuit oscillant, de l'éloigner de toute masse gênante et d'éliminer ou de rendre négligeables des capacités parasites dont l'effet est parfois énorme sur la valeur des résultats. Elle peut être utilisée pour des ondes courtes (de l'ordre de 50 mètres), à condition qu'on apporte un soin particulier à la construction des résistances, etc...

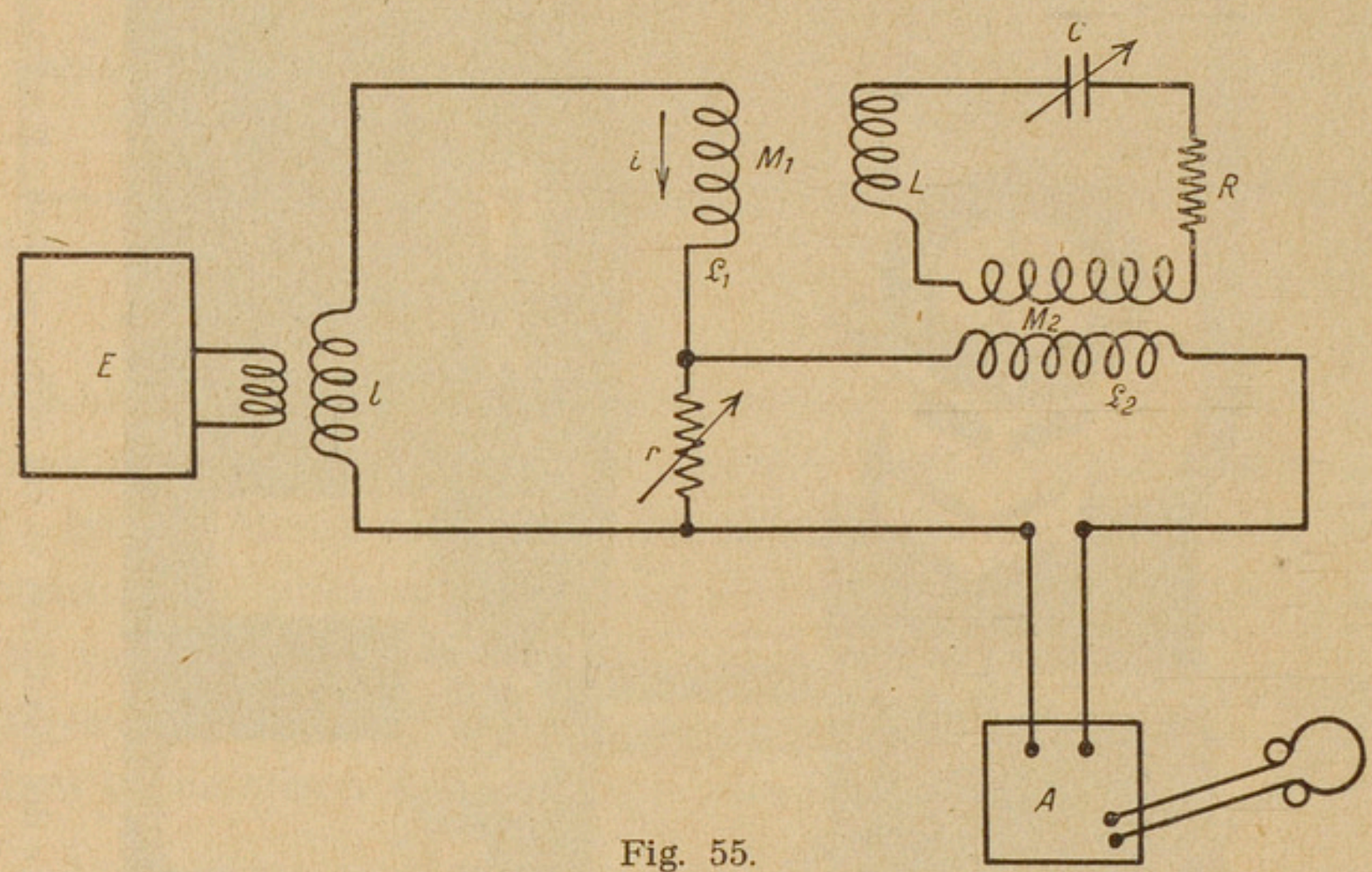


Fig. 55.

Par contre, cette méthode est assez longue. Enfin il peut être désirable, dans certains cas, de pouvoir comparer avec une plus grande précision deux échantillons de diélectrique ; c'est pour cela que nous procédons actuellement à la mise au point de deux autres méthodes, dont nous allons rappeler sommairement le principe.

2° *Méthode basée sur le principe des ondemètres Armagnat.* — La figure 55 indique clairement la disposition des appareils. *LRC* est le circuit oscillant dont on veut mesurer la résistance *R*. Par variation de la capacité *C* et de la résistance *r* et pour un sens convenable des mutuelles M_1 et M_2, on obtient le silence au récepteur *A*. Or la tension induite aux bornes de *r* est égale à *r i*. Celle

qui est induite aux bornes de L_2 est égale (pour l'accord du circuit LRC) à $\frac{M_1 M_2 \omega^2 i}{R}$. On aura donc :

$$r R = M_1 M_2 \omega^2.$$

Si maintenant on introduit dans le circuit LRC une résistance additionnelle ρ, on obtient une nouvelle résistance r' d'où :

$$r R = r' (R + \rho),$$

d'où l'on tire R.

Les mesures sont rapides et r se détermine avec une précision supérieure à 1/1000. La méthode exige cependant de sérieuses

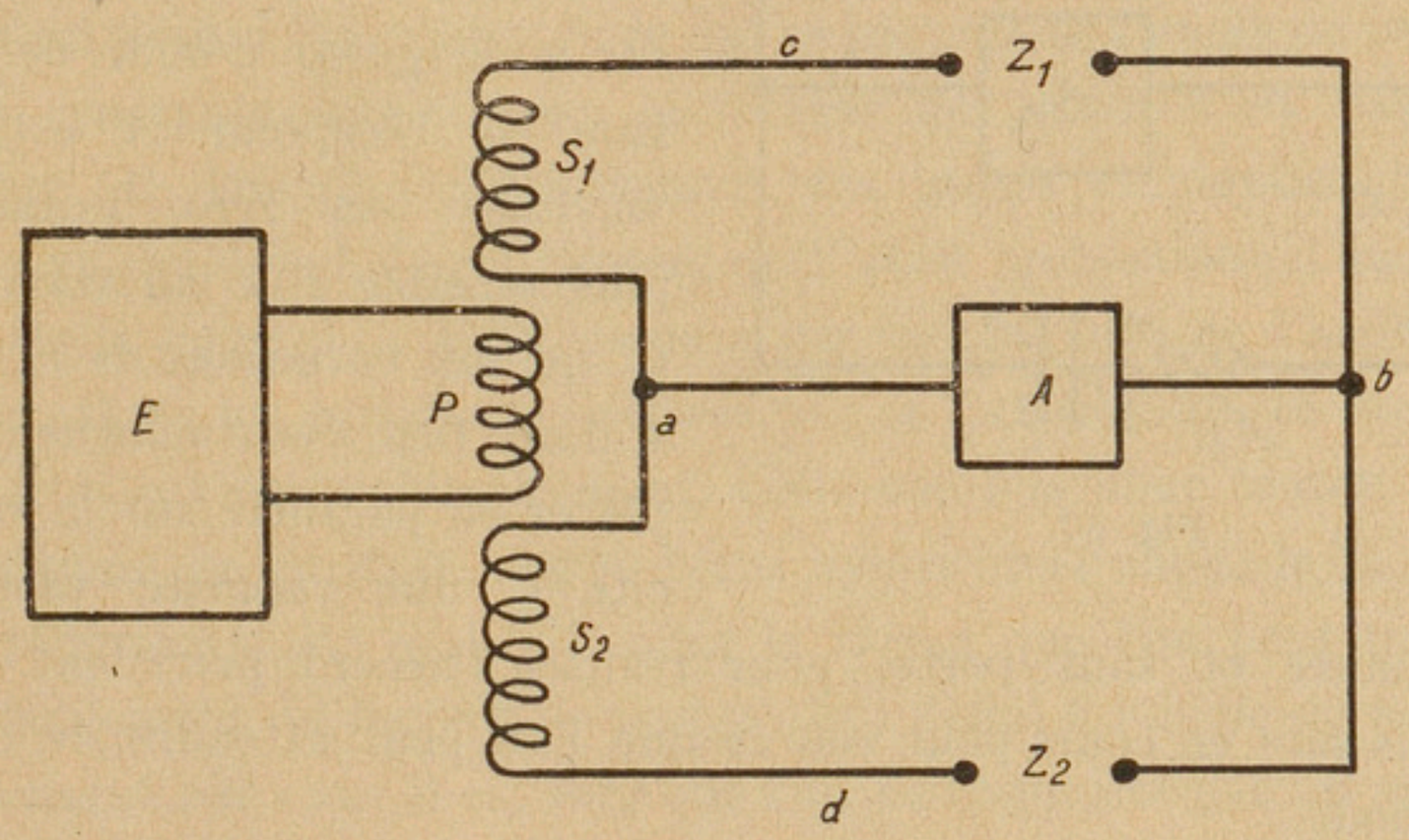


Fig. 56.

précautions pour éliminer les couplages parasites, la stabilité de la fréquence de E. La nécessité d'avoir une résistance variable r (sans self-induction ni capacité) ne permet pas l'emploi de la méthode pour les ondes courtes. Les essais en cours, qui ont donné des résultats satisfaisants, se poursuivent pour étudier la précision donnée par la méthode et sa facilité d'emploi.

3° *Méthode basée sur l'emploi d'un transformateur différentiel.* — Cette méthode, qui est une véritable méthode de pont en haute fréquence, a été fréquemment employée, même avec des ondes amorties. Nous l'avons reprise en profitant des derniers progrès réalisés en radiotechnique. Le principe est le suivant : Le transformateur différentiel se compose du primaire P (fig. 56)

et du secondaire constitué par deux enroulements S_1 et S_2 identiques et symétriquement placés par rapport à P. Pour que le récepteur soit au silence, il faut que les impédances à comparer, Z_1 et Z_2, soient égales. Si l'impédance Z_1 est constituée par l'échantillon C de diélectrique à étudier et si Z_2 est constituée par une capacité variable C' sans pertes en série avec une résistance variable r' (fig. 57), on peut ainsi déterminer l'angle de pertes du diélectrique.

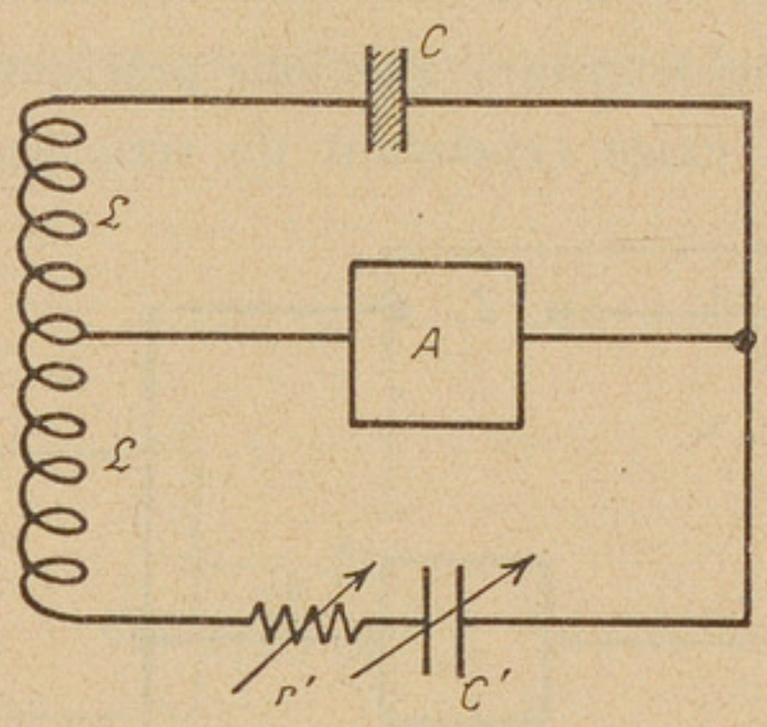


Fig. 57.

Ainsi cette méthode ne fait pas intervenir la résistance d'un circuit oscillant. Cependant, si l'ensemble LC n'est pas accordé sur la longueur d'onde de mesure, le récepteur A est, au voisinage du zéro, beaucoup plus sensible aux variations de C' qu'aux variations de r'. Il y a donc lieu éventuellement de placer en parallèle sur la capacité C une capacité variable étalonnée et sans pertes pour réaliser l'accord précédent. Des essais sont en cours pour voir ce que l'on peut attendre de cette méthode.

Expression des résultats obtenus. — 1° *Angle de pertes.* — Nous pouvons déterminer l'angle de pertes pour une capacité quelconque sur toute longueur d'onde désirée, à condition que cette dernière soit supérieure à 30 mètres. Dans la gamme de 30 à 100 mètres environ, on se rapprochera autant que possible de la fréquence demandée, l'écart pouvant atteindre cependant ± 20 %. La forme de la capacité peut être quelconque ; mais ses dimensions, dans le cas des mesures sur les fréquences élevées, devront être petites ; disons, pour fixer les idées, de l'ordre du décimètre. Dans les certificats, l'angle de pertes est exprimé soit en radian, soit encore par sa tangente.

2° *Facteur de pertes et constante diélectrique.* — Dans ce cas, les échantillons de diélectrique devront avoir la forme de parallé-

lipipèdes rectangles dont deux faces opposées devront avoir 80 × 80 millimètres, l'épaisseur étant de l'ordre de 5 à 10 millimètres. Les faces devront être aussi bien dressées que possible, pour éviter l'interposition d'air entre les armatures métalliques et le diélectrique. Dans le cas d'échantillons ne satisfaisant pas à ces conditions, ou pour une fréquence extérieure à l'intervalle $1{,}5.10^4$ — 10^7 périodes par seconde, les industriels se mettront en relations avec le Laboratoire, qui étudiera la possibilité d'effectuer les mesures. Les prix du tarif seront susceptibles de majoration et ils seront fixés dans chaque cas particulier par le directeur du Laboratoire.

Ceci posé, à l'encontre de ce qui se passe pour l'angle de pertes et la constante diélectrique, le facteur de pertes n'est pas un nombre. Il dépend essentiellement des unités employées. Nous avons vu, au début de cet exposé, qu'il était proportionnel au produit de la constante diélectrique ε par la tangente de l'angle de pertes. Dans les certificats délivrés par le Laboratoire, ce facteur de pertes est pris arbitrairement, mais une fois pour toutes, égal exactement au produit ε tg δ. Nous avons ainsi choisi le facteur de proportionnalité égal à 1, pour la raison que l'on peut passer très facilement du facteur de pertes ainsi défini à l'angle de pertes en divisant par ε ; or il est rare que l'on ne connaisse pas au moins une valeur approximative de ε.

Connaissant ainsi le produit ε tg δ, il est facile de passer au coefficient k défini plus haut, par la formule $k = \frac{\varepsilon \operatorname{tg} \delta}{18.10^{11}}$. Nous rappelons que k est le facteur de pertes défini en prenant les unités suivantes :

pertes dW : en watts,
champ électrique F : en volts par centimètre,
fréquence f : en cycles par seconde,
volume dv : en centimètres cubes.

M. Mesny (*loc. cit.*) a choisi des unités différentes :

dW était exprimé en watts,
F en kilovolts par centimètre,
f en kilocycles par seconde,
dv en centimètres cubes.

Le facteur de pertes était désigné par C et, il y a quelques années, c'était ce coefficient qui était donné dans les certificats du Laboratoire. Pour permettre des comparaisons entre les valeurs de la même quantité données sous des formes différentes, indiquons que l'on passe très facilement de l'une à l'autre par les formules :

$$10^6\, C = 10^{15}\, k = \frac{10^4}{18}\, \varepsilon \operatorname{tg} \delta.$$

Pour fixer les idées, nous donnons dans le tableau suivant quelques valeurs de ε, de tg δ, de ε tg δ, de k et de C pour quelques

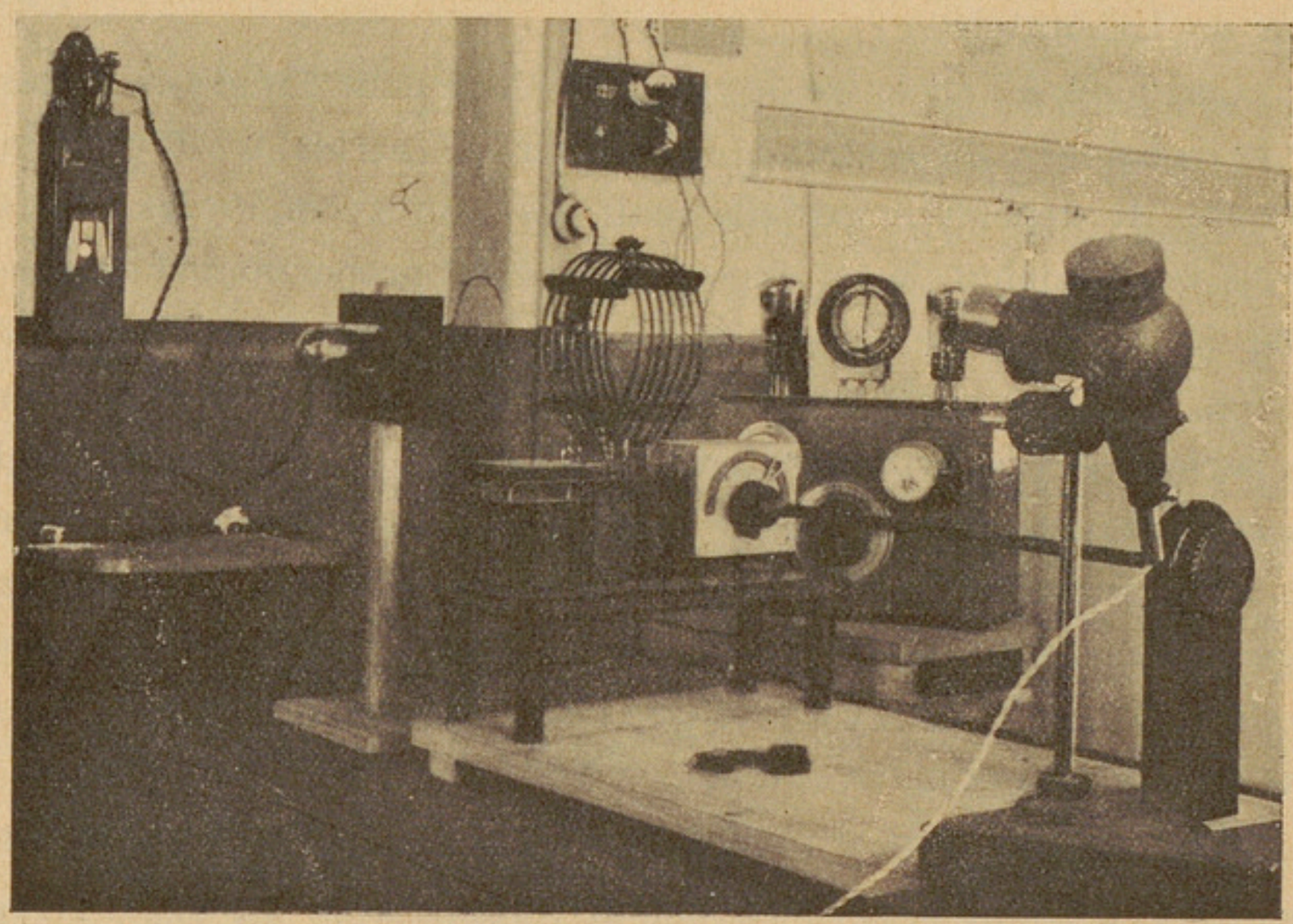


Fig. 58. — Dispositif de mesure des pertes dans les diélectriques sur ondes courtes.

isolants. Nous attirons l'attention sur le fait suivant : certains matériaux ont une composition très variable suivant leur provenance, leur âge, les traitements qu'ils ont subis, etc..., par exemple, il en est ainsi pour les ébonites, les paraffines, les bois, les verres, etc... ; il faut donc s'attendre à avoir, pour ces matières, non une valeur unique pour les divers coefficients ci-dessus, mais une gamme assez étendue de valeurs. Les nombres donnés dans le tableau suivant ont été soit obtenus par nous-même, soit tirés de

mesures effectuées par M. Mesny (*loc. cit.*), soit tirés de mémoires étrangers.

MATÉRIAUX	ε.	tg δ.	ε tg δ.	10^{15} k ou 10^{6} C.
Quartz	3,7	0,00011	4.10^{-4}	0,23
Silice transparente	3,5	0,0005	$1,7.10^{-3}$	1
Silice opaque	3,2	0,0013	$4,2.10^{-3}$	2,24
Micas	5 à 8	0,00017 env.	9 à 14.10^{-4}	0,5 à 1
Paraffines	2 à 2,5	0,0003 à 0,0015	6 à 40.10^{-4}	0,4 à 3
Ebonites	2,5 à 3,5	0,006 à 0,012	1,5 à 2.10^{-2}	8 à 25
Verres	5 à 9	0,004 à 0,006	2 à 5.10^{-2}	10 à 25
Pétrole	2 à 2,2	0,003 env.	$7,2.10^{-3}$ env.	4 environ
Porcelaine	4,5 à 6	0,006 à 0,014	3 à 8.10^{-2}	16 à 45
Marbre	8	0,006	5.10^{-2}	25
Bakélite	4 à 6	0,03 à 0,04	0,15 à 0,18	80 à 110
Bois bakélisé	2,5 à 3,5	0,025 à 0,04	0,06 à 0,14	30 à 70
Caoutchouc	4,5 à 6	0,03 à 0,06	0,15 à 0,30	80 à 170
Bois divers (très secs)	3 à 5	0,03 env.	0,09 à 0,16	50 à 100

Mesures sous hautes tensions. — L'expérience montre que l'angle et le facteur de pertes croissent avec la température. D'autre part, si le champ appliqué au diélectrique est intense, les pertes peuvent amener une notable élévation de température. On conçoit donc qu'à partir d'une certaine valeur du champ, décroissante avec la fréquence, les coefficients précédents augmentent rapidement avec lui. Si le champ continue à croître, on arrive à la destruction du diélectrique.

L'étude des diélectriques dans des champs intenses présente donc un grand intérêt, car elle permet de fixer son choix sur les matériaux à utiliser, par exemple, dans les postes d'émission puissants. M. Galle donne plus loin quelques détails sur l'installation qu'il a réalisée en vue d'une telle étude. De notre côté nous mettons au point des dispositifs qui nous permettront d'étudier la variation de l'angle de pertes des diélectriques en fonction de la température et aussi en fonction du champ électrique auquel ils sont soumis.

VI

MESURE DES INTENSITÉS DES COURANTS A HAUTE FRÉQUENCE [1].

Les appareils utilisés au Laboratoire national de radioélectricité pour la mesure des intensités comprennent : 1° les appareils thermiques ; 2° les transformateurs d'intensité ; 3° les pyromètres.

1° Appareils thermiques. — a) Les plus simples sont basés sur l'allongement d'un fil, chauffé par le courant à mesurer. Ils permettent la mesure d'intensités allant de 0,1 à quelques ampères. Ils sont d'usage courant quand la précision à atteindre n'est pas très grande (quelques centièmes). Mais ils présentent, entre autres, les inconvénients suivants : 1. Instabilité de leur zéro ; 2. Indications dépendant de la fréquence, surtout pour ceux qui sont destinés aux intensités assez fortes, qui ont des fils assez gros et pour lesquels l'effet pelliculaire est sensible. Aussi, pour les mesures plus précises, leur préfère-t-on les appareils à thermo-couples.

b) Les thermo-couples sont utilisés presque exclusivement dans la mesure des très faibles intensités. Associés à des galvanomètres sensibles, ils remplacent très avantageusement le thermo-galvanomètre de Duddell. De plus, par une construction convenable, ils peuvent être étalonnés à l'aide de courant continu. Le Laboratoire national de radio-électricité possède une série de ces appareils, qui permettent des mesures d'intensité allant d'une fraction de milliampère à 1 ampère environ. La précision atteinte est supérieure à 1/100 pour les fréquences de l'ordre du mégacycle par seconde et elle décroît légèrement pour les fréquences supérieures.

2° Transformateurs d'intensité. — Pour des intensités supérieures à quelques ampères, les dimensions des thermo-couples

1. Note présentée par M. Abadie, ingénieur.

deviennent assez grandes et il se produit des perturbations dues, entre autres, aux courants qui prennent naissance dans leur masse. L'emploi des shunts pour les ampèremètres ordinaires à fil chaud présente de grandes difficultés. Aussi préfère-t-on utiliser des transformateurs d'intensité, dont nous rappelons brièvement le principe (fig. 59). Le courant dont l'intensité I est à mesurer passe

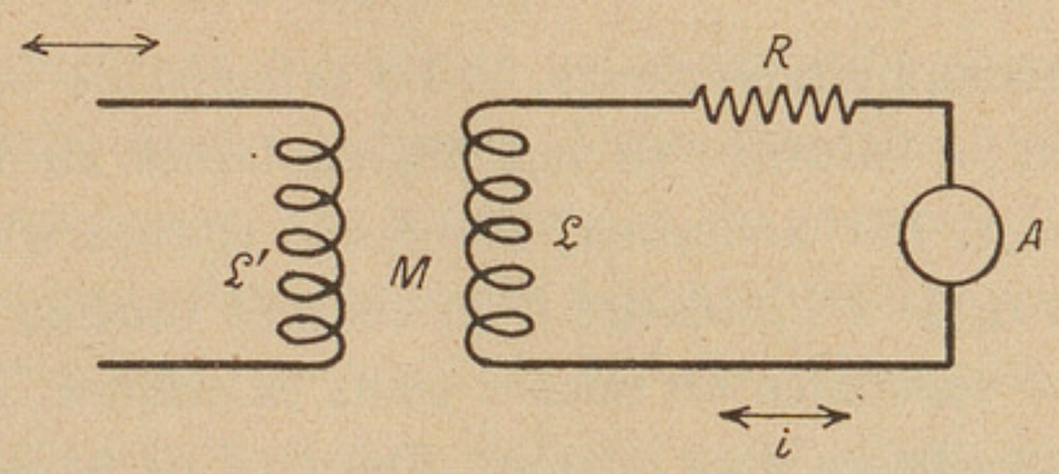


Fig. 59.

dans une inductance L' couplée à une inductance L fermée sur un appareil de mesure d'intensité A. Si M est le coefficient d'induction mutuelle entre L et L' et i l'intensité qui traverse A, on a :

$$\frac{i}{I} = \frac{M\omega}{\sqrt{L^2\omega^2 + R^2}},$$

où R représente la résistance totale du circuit secondaire. Si R est petit devant $L\omega$, on a sensiblement :

$$\frac{i}{I} = \frac{M}{L} = \frac{1}{k}.$$

On peut déterminer les quantités M et L, d'où k. Mieux, on détermine ce dernier en utilisant des intensités I et i assez faibles et mesurables directement avec des thermo-éléments. Le Laboratoire national possède une série de transformateurs d'intensité basés sur ce principe et qui ont la forme utilisée presque exclusivement pour ces appareils. Le secondaire comprend N spires enroulées sur un tore, le primaire a n spires (généralement une ou deux) passant suivant l'axe du tore. Le noyau du tore peut être magnétique. Dans ce cas, on a très sensiblement :

$$k = \frac{L}{M} = \frac{N}{n}.$$

Pour les très fortes intensités, l'emploi du fer peut conduire à des pertes notables dans ce dernier, et l'on utilise un support diélectrique. Dans ce dernier cas, le rapport $\frac{M}{k}$ est déterminé à différentes fréquences à l'aide de courants I et i connus. La précision donnée par de tels appareils est de l'ordre du 1/100.

3° **Méthodes pyrométriques.** — Le principe de ces procédés de mesure est le suivant ; ils ont été appliqués au Laboratoire par M. Jouaust. Par définition, l'intensité efficace d'un courant alternatif est égale à l'intensité d'un courant continu produisant dans la même résistance les mêmes effets caloriques. En particulier, l'intensité efficace d'un courant alternatif de haute fréquence est égale à celle d'un courant continu si les deux courants traversant le filament d'une lampe à incandescence le portent à la même température. L'intensité lumineuse de la lampe, la brillance du filament sont alors égales dans les deux cas. Cela n'est, du reste, vrai que si le diamètre du filament est assez faible pour que l'effet pelliculaire puisse être négligé pour les fréquences envisagées.

Deux modes opératoires basés sur ce principe sont employés au Laboratoire national pour l'étalonnage des ampèremètres à haute fréquence :

1° Une lampe à incandescence, à filament de tungstène de diamètre assez faible pour qu'on puisse négliger l'effet pelliculaire, est placée en série avec l'ampèremètre à étalonner dans le circuit d'un oscillateur à lampe. Sur le filament de la lampe, est braqué un pyromètre télescopique Féry : cet appareil se compose essentiellement d'un petit miroir sphérique en métal donnant, sur un petit couple thermoélectrique placé à son foyer, une image de la source chaude sur laquelle l'appareil est braqué. La déviation du galvanomètre relié au couple est donc fonction de la température de cette source.

Un courant de haute fréquence circulant dans l'ensemble formé par la lampe et l'ampèremètre à haute fréquence, on note simultanément la déviation de l'appareil à étalonner et celle du galvanomètre relié au couple. Sans déplacer le pyromètre, on subs-

titue à l'oscillateur à lampe une source à courant continu et l'on règle l'intensité du courant débité par cette source de façon à reproduire la même déviation au galvanomètre du couple. Cette intensité, évaluée au moyen d'un ampèremètre à courant continu, donne l'intensité efficace du courant de haute fréquence correspondant à l'indication relevée dans la première partie de l'expérience sur l'appareil à étalonner.

2° La méthode précédente ne serait pas applicable aux courants de très haute fréquence (correspondant à des longueurs d'onde inférieures à une soixantaine de mètres). L'oscillateur à lampes induirait, dans le circuit fermé constitué par le couple et son galvanomètre, des courants induits tels qu'ils produiraient un échauffement du couple suffisant pour provoquer une déviation du galvanomètre alors même que le couple serait protégé contre tout rayonnement thermique extérieur.

On a donc été amené à substituer au pyromètre Féry un pyromètre à disparition de filament. Le principe de cet appareil est le suivant : Un objectif donne une image du filament de la lampe dont on veut évaluer la température. Cette image se croise avec le filament d'une lampe tare dans laquelle on peut faire varier l'intensité du courant. Au moyen d'un microscope, on vise le point de croisement de l'image du filament de la première lampe et de la lampe tare. On règle l'intensité du courant dans la lampe tare de façon qu'à ce point de croisement le filament de cette lampe tare ne paraisse ni plus brillant ni plus sombre que l'image du filament de la première lampe. Cette comparaison, qu'on effectue en lumière monochromatique au moyen d'un écran coloré, est assez sensible pour qu'il soit possible, avec de semblables appareils, d'évaluer la température du filament d'une lampe avec une précision de l'ordre du degré.

Le mode opératoire est le même que dans le cas précédent. On réalise l'équilibre pyrométrique en agissant sur le courant qui traverse la lampe tare, la première lampe en série avec l'appareil à étalonner étant placée dans le circuit d'un oscillateur à lampes. Puis on substitue à cet oscillateur à lampes une source de courant continu et l'on règle l'intensité du courant débité par

cette source de façon à reproduire l'équilibre pyrométrique

Quelques précautions sont nécessaires lorsqu'on cherche à étalonner un ampèremètre pour très hautes fréquences. La lampe et l'ampèremètre doivent être placés côte à côte dans le circuit à haute fréquence. On doit diminuer autant que possible les capacités par rapport au sol. Avec les dispositifs que nous venons de décrire, il est possible de mesurer des intensités de haute fréquence jusqu'à une dizaine d'ampères.

(à suivre.)

APPLICATION DES CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES AUX CIRCUITS D'ALIMENTATION DES GRANDS CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES,

Avantages qui en résultent pour les canalisations,

par H. FONTAINE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

1° **Généralités.** — L'alimentation en courant continu d'un central automatique de la région parisienne soulève un problème assez particulier de transport de force à basse tension. Pour les premières installations, un trafic maximum, notablement supérieur au trafic réel constaté par la suite, a servi de base au calcul des intensités, dont les valeurs se sont trouvées sensiblement majorées. Nous verrons un peu plus loin les réductions apportées aux prévisions initiales. Pratiquement, la puissance mise en jeu demeure assez considérable et, pour fixer les idées, rappelons rapidement que la consommation d'un bureau de Paris pour 10.000 abonnés peut atteindre, aux heures chargées, 600 ampères sous 48 volts. D'autre part, la nécessité de loger dans un même bâtiment plusieurs bureaux de 10.000 abonnés, l'obligation d'utiliser des surélévations de centraux manuels pour installer l'automatique, impliquent l'établissement de canalisations très importantes, dont la longueur simple peut dépasser 100 mètres.

Le transport des courants à 48 volts se complique, en outre, du fait de certaines préoccupations d'ordre téléphonique. On estimait jusqu'à ces derniers temps qu'il fallait séparer d'une façon complète les circuits de conversation des circuits de signalisation. On craignait différentes causes de perturbations, susceptibles d'affecter la netteté des communications. Entre autres choses, on redoutait un bruit parasite intense dû au fonctionnement des

différents relais : d'où séparation de l'alimentation des circuits de conversation ; on jugeait utile de réduire très fortement la résistance des canalisations pour éviter le mélange des conversations ; on avait fixé à 1/4 de volt la chute de tension maximum admissible entre source et utilisation. Tous les premiers bureaux automatiques furent équipés d'après ces conceptions. Les colonnes d'alimentation comprenaient trois pôles : un négatif de conversation, un négatif de signalisation, un positif commun (on a même quelquefois séparé les deux positifs). De toute façon, la distribution devait se faire depuis la salle des machines jusqu'à des tableaux divisionnaires dits *tableaux d'étage*, situés à proximité immédiate des bâtis de l'automatique.

Enfin les intensités, calculées *a priori* pour un trafic maximum, avaient été majorées notablement.

Toutes ces considérations ont conduit à des installations fort massives et à des immobilisations de cuivre considérables. On s'écartait très sensiblement des conditions normales d'emploi des câbles électriques, les densités de courants restaient très inférieures aux valeurs usuelles dans l'industrie.

Il était donc logique de chercher à réduire la section des canalisations tout en évitant les inconvénients cités plus haut. Des études ont été entreprises par le service des bâtiments et machines de la direction des Services téléphoniques de Paris, et les résultats obtenus dès avril 1931 permettent de préconiser une solution économique du problème.

2° Premières constatations. — L'expérience acquise après l'ouverture des premiers centraux automatiques a montré qu'on pouvait effectuer de notables réductions sur les intensités primitivement prévues.

On a constaté, en particulier que, dans les conditions normales de trafic [1], les courants de conversation n'atteignaient pas les trois quarts, mais seulement le cinquième des courants de signalisation.

---

1. Il s'agit ici du trafic normal et non du trafic réduit en période de crise économique.

En outre, les réductions suivantes peuvent être apportées aux débits relatifs à un bureau de 10.000 abonnés :

	SIGNAUX.	CONVERSATOIN.
Intensités prévues pour les premiers bureaux	800A	550A
Intensités admises actuellement.....	500	100

L'amélioration n'est pas bien sensible au point de vue économique ; il ne faut voir là qu'une mise au point.

Il restait à vérifier si les craintes formulées au sujet des mélanges de conversations et de la gêne due au fonctionnement des signaux justifiaient entièrement les précautions prises. Aussi les essais ont-ils été dirigés pour répondre à deux questions principales :

1° Est-il nécessaire de séparer depuis la source de courant les circuits de conversation et de signalisation ?

2° Peut-on, sans nuire à la qualité des communications, augmenter la chute de tension entre source et utilisation ?

Avant d'exposer les résultats obtenus, nous allons décrire les méthodes employées et les conditions d'expérience.

3° Essais effectués au bureau central « Wagram ». — La réfection totale des canalisations du bureau « Wagram », détériorées au cours de l'incendie du 29 mars 1931, a été mise à profit pour réaliser facilement, grâce aux installations provisoires, les montages nécessaires aux essais.

L'automatique « Wagram », qui occupe une grande salle rectangulaire, est alimenté à chaque extrémité par un tableau d'étage. Chacun de ces deux tableaux se trouve normalement relié à la salle des machines par une colonne spéciale. Les anciennes canalisations, calculées suivant la première doctrine, comprenaient pour chaque polarité plusieurs câbles en parallèle.

Après quelques réparations sommaires, on a pu réutiliser

provisoirement les anciennes colonnes, et, en intercalant judicieusement des interrupteurs, il a été possible de réduire les sections en coupant successivement les câbles montés en parallèle. Enfin, grâce à une ligne provisoire reliant les deux tableaux, l'alimenta-

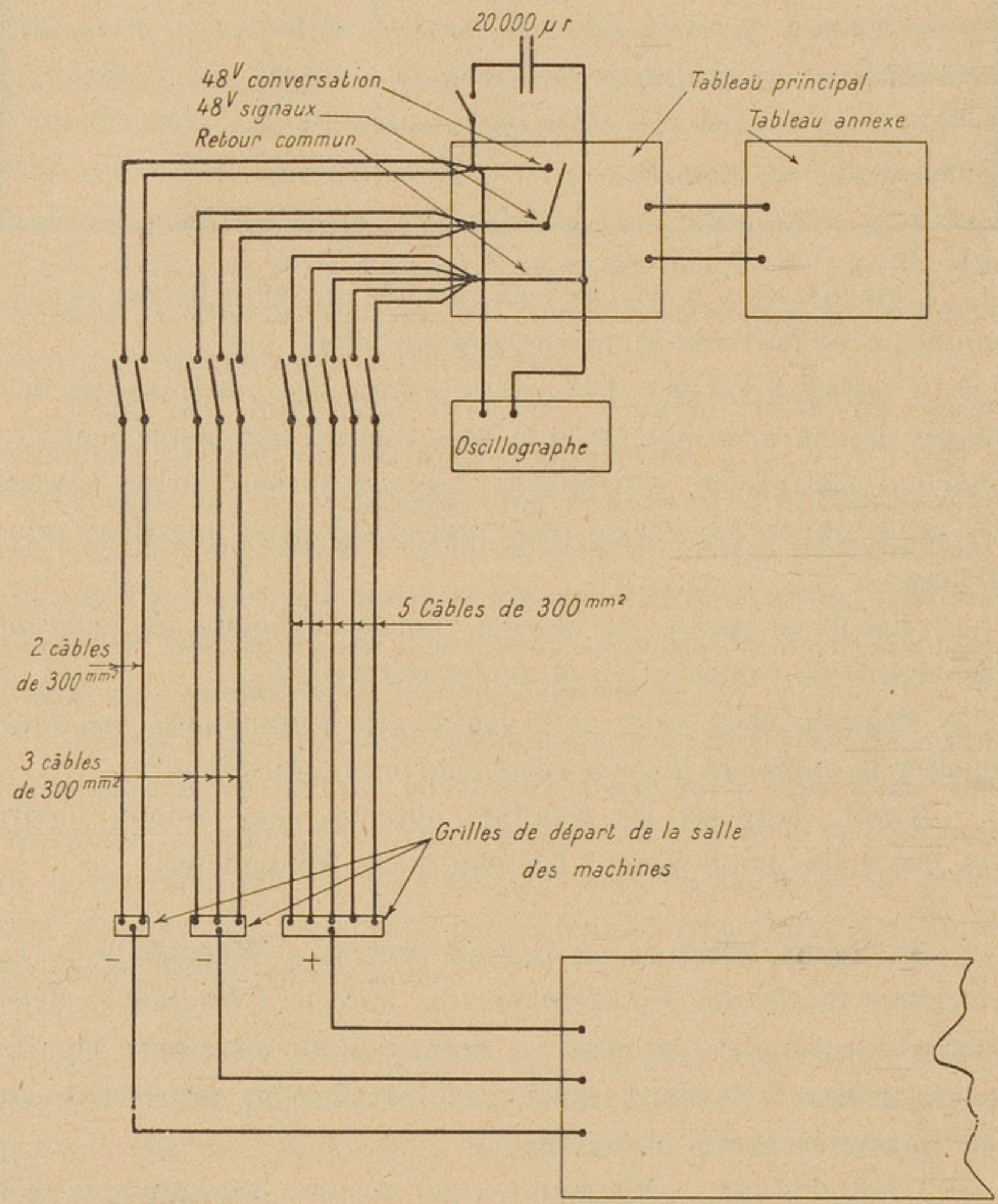


Fig. 1.

tion totale du bureau a pu être prise sur l'une ou l'autre des colonnes. Les essais ont ainsi porté sur différents débits et sur de grandes variations de section. A chaque tableau, un dispositif permettait la mise en parallèle des négatifs « conversations » et « signaux ». Le schéma de la figure 1 résume l'ensemble des montages réalisés.

Pour apprécier le bruit parasite, plusieurs méthodes ont été employées concurremment.

4° **Méthode de mesure.** — Un voltmètre redresseur à oxyde de cuivre, monté en série avec une capacité de l'ordre de quelques microfarads, donne, par lecture directe, une indication sur la tension alternative. Cette indication ne fournit d'ailleurs qu'un renseignement assez peu précis ; en effet, l'appareil est conçu et étalonné pour un courant sinusoïdal et les tensions alternatives que nous avons à mesurer sont très complexes. On pourra s'en rendre compte en examinant les oscillogrammes dont il sera parlé plus loin.

On voit donc que la méthode du voltmètre redresseur ne peut servir à faire des mesures précises. Néanmoins c'est un procédé rapide et pratique, qui permet de suivre l'allure des variations en amplitude des courants alternatifs parasites [1]. Il convient de l'employer concurremment avec le procédé classique de l'écoute au téléphone monté en série avec un condensateur.

Une autre méthode, basée sur l'écoute du bruit produit dans un écouteur comparé à un bruit étalon, a été utilisée par les ingénieurs du laboratoire de physique de la société Le Matériel téléphonique.

Enfin la méthode des relevés oscillographiques a permis une étude précise des problèmes posés. Nous allons la décrire en détail. L'oscillographe utilisé est du type électromagnétique Dubois (fig. 2) ; sa sensibilité convient bien pour les fréquences téléphoniques. La grandeur des tensions à mesurer nécessite une amplification préalable, assurée par lampes à trois électrodes. Deux étages d'amplification sont montés suivant le schéma classique de liaison par transformateur. Les transformateurs ont d'ailleurs été choisis soigneusement pour que leur affaiblissement demeure sensiblement constant dans la gamme des fréquences à observer. L'ensemble amplificateur-oscillographe est taré en volts au moyen

1. On verra dans une prochaine étude comment l'emploi du voltmètre redresseur peut donner des résultats intéressants.

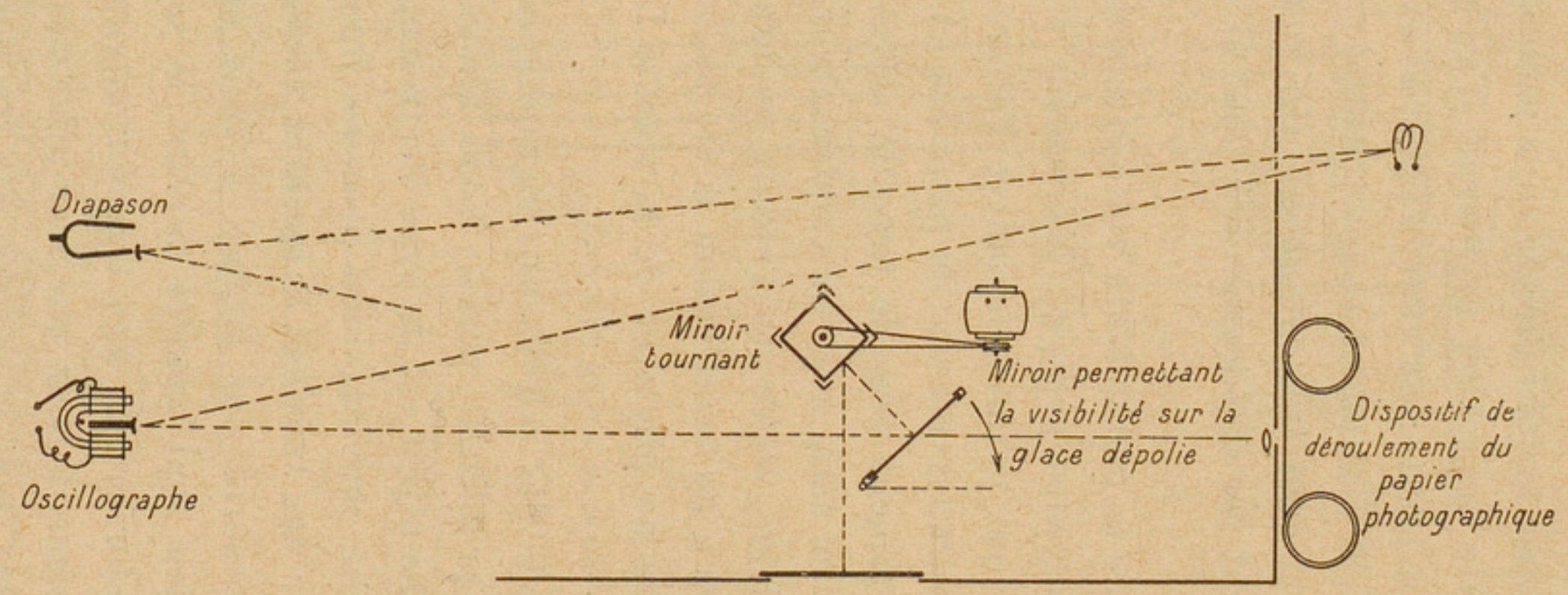


Fig. 2. — Principe de l'oscillographe.

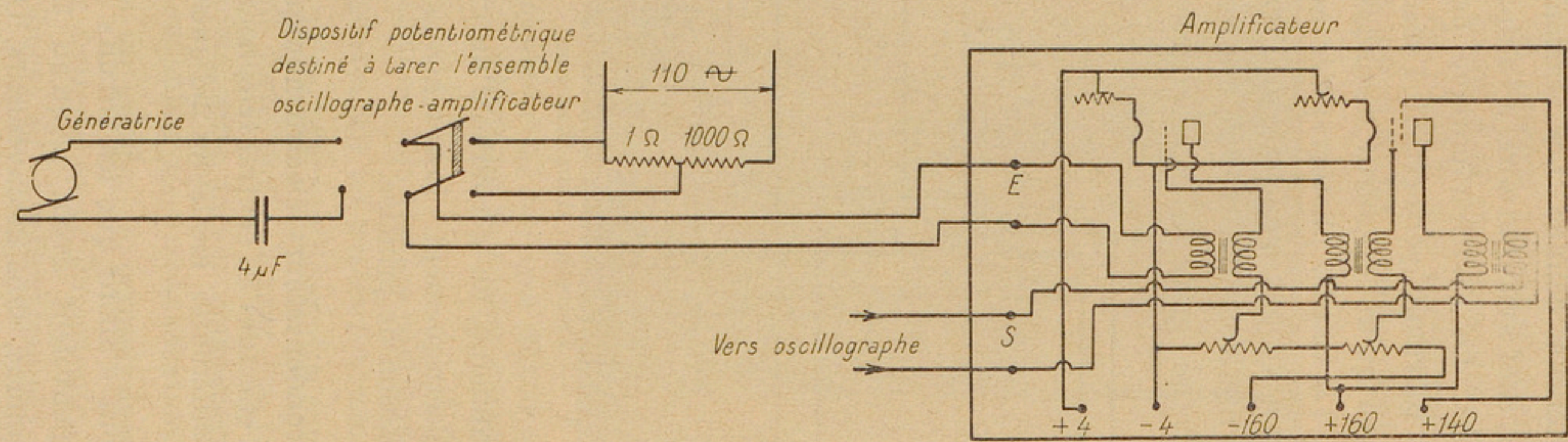


Fig 3. — Dispositif employé pour les relevés oscillographiques.

d'un dispositif potentiométrique, qu'on peut brancher à l'entrée pour appliquer une tension connue. Les tensions indiquées par la suite correspondent, sauf avis contraire, à l'amplitude maximum exprimée en millivolts. Le système optique de l'oscillographe comporte un miroir tournant permettant l'observation directe sur glace dépolie, ainsi qu'un dispositif d'enregistrement photographique sur bande. La courbe photographiée est une représentation $U = f(t)$; on a vu par quel procédé l'échelle des ordonnées était obtenue en millivolts. La mesure des temps et par suite des fréquences s'effectue grâce à l'enregistrement simultané,

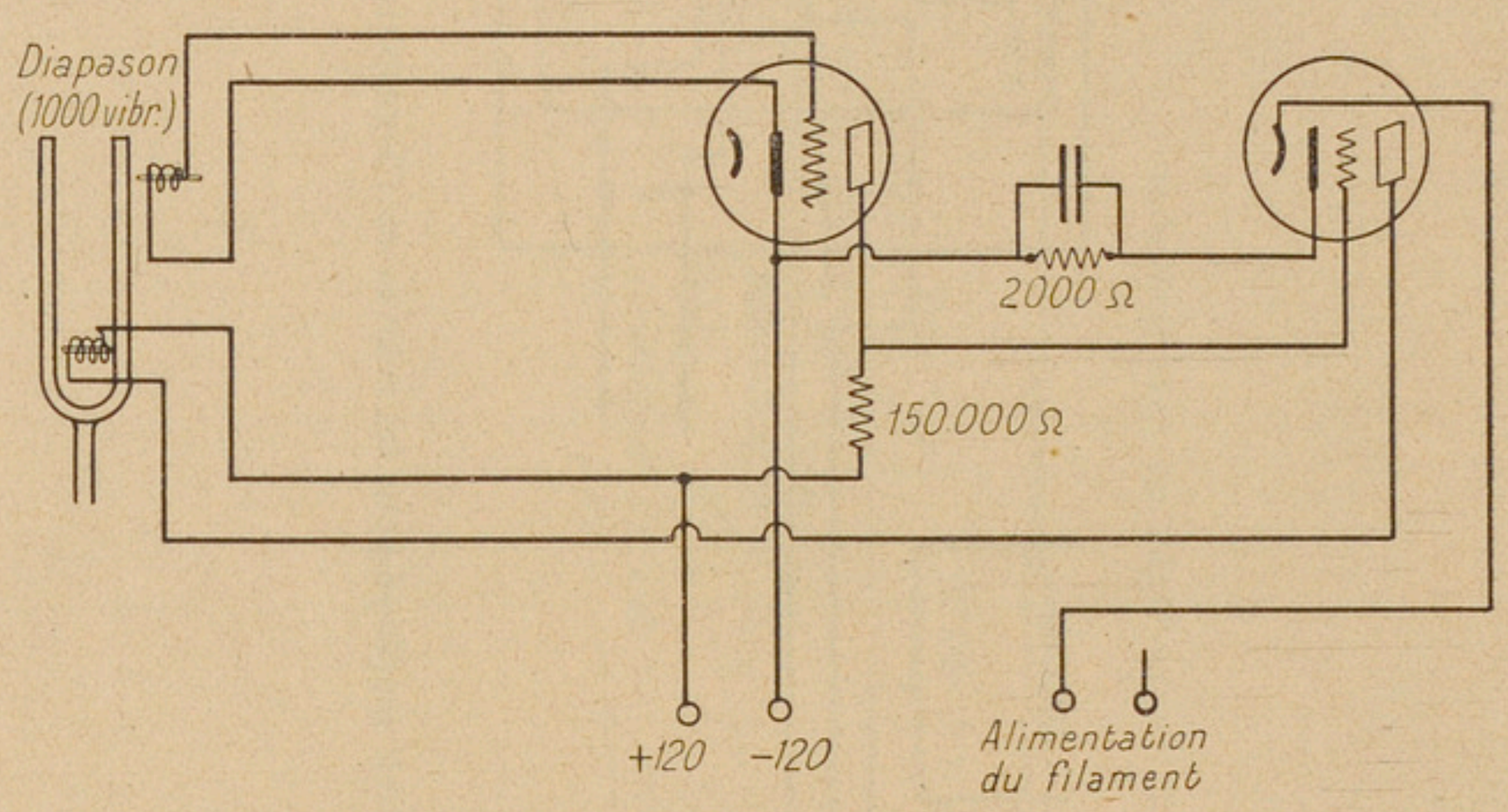


Fig. 4. — Entretien d'un diapason.

sur la bande photographique, de la courbe d'un diapason à 1.000 périodes entretenu électriquement. Les schémas des figures 3 et 4 donnent la disposition de principe.

5° Emploi des condensateurs électrochimiques ou électrolytiques. — Les essais effectués au central téléphonique « Wagram » ont donné, avec les différentes méthodes indiquées, des résultats concordants.

On a constaté tout d'abord que les circuits de conversation et de signalisation pouvaient avoir, jusqu'au tableau d'étage, une alimentation commune, sans inconvénients. On a donc réuni les canalisations de ces circuits en une seule colonne bipolaire.

Sur chaque pôle, cinq câbles de 300 millimètres carrés, branchés en parallèle, pouvaient être connectés séparément au moyen d'interrupteurs. On procéda progressivement et par tranches de 300 millimètres carrés à la réduction des sections de cuivre, qui passèrent ainsi de 1.500 à 300 millimètres carrés. Cette réduction progressive provoqua un accroissement régulier des tensions

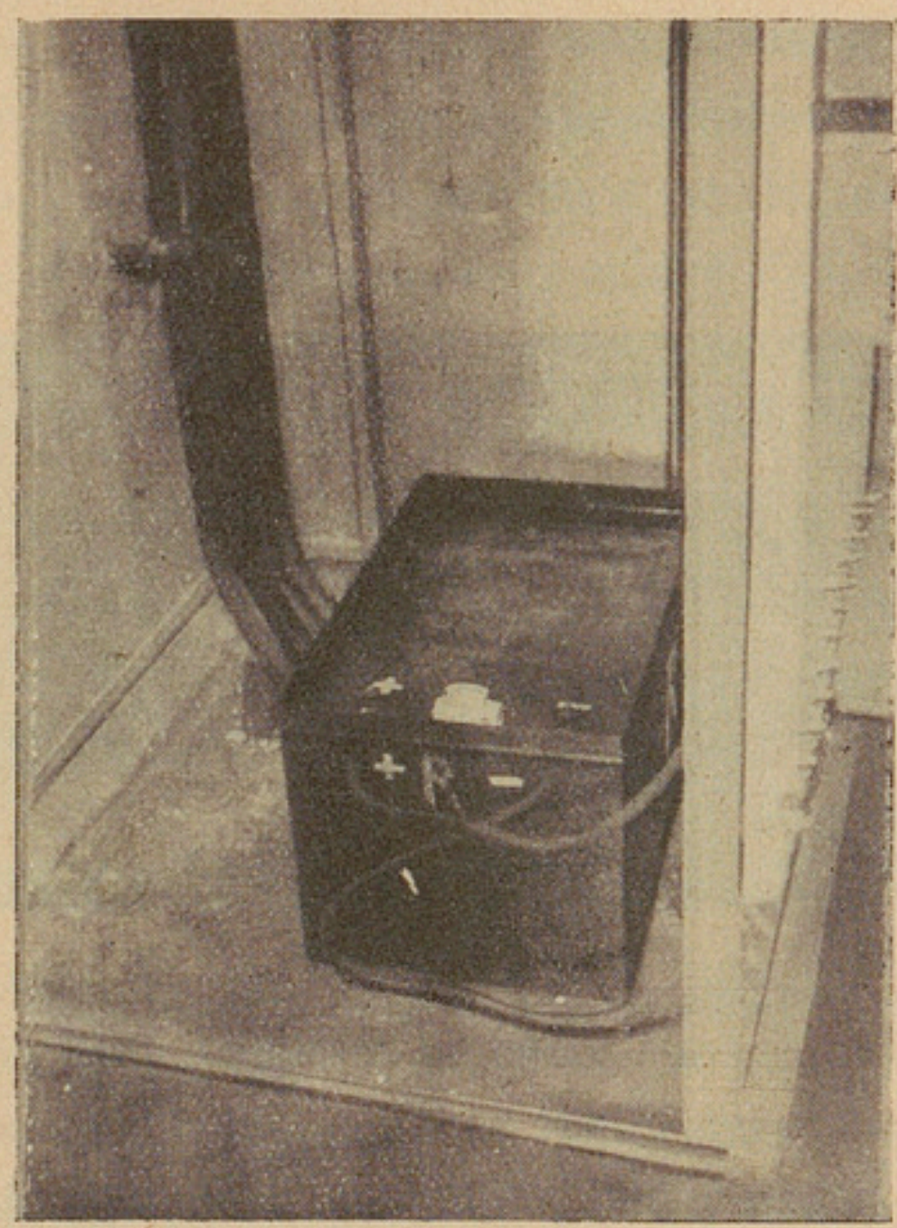


Fig. 5. — Condensateur électrolytique (20.000 μF) dans son boîtier, adopté sur un tableau d'étage.

alternatives superposées à la tension continue de 48 volts ; le bruit parasite devint gênant sur les postes d'abonnés.

C'est alors qu'on pensa utiliser des condensateurs de capacité suffisamment forte pour shunter les tableaux d'étage. On pouvait espérer, de cette façon, compenser l'augmentation de résistance de l'ensemble source-canalisation. Les condensateurs ordinaires, isolés au papier, ne permettaient pas d'envisager la réalisation d'une batterie assez importante. Seuls, les condensateurs électrolytiques ou électrochimiques possèdent de très grandes capacités sous des encombrements relativement faibles.

Différents types furent essayés et les capacités utilisées variaient entre 5.000 et 20.000 microfarads. Disons tout de suite que l'application de ces condensateurs a donné des résultats des plus satisfaisants. L'amplitude des tensions alternatives parasites diminue naturellement d'autant plus que la capacité utilisée est plus grande. Nous verrons plus loin, sur un exemple concret, quels sont les effets du condensateur. Les essais de « Wagram » ont montré qu'avec 20.000 microfarads branchés à l'extrémité de canalisations réduites au cinquième de leur section, l'alimentation du multiple s'effectuait sous une tension continue

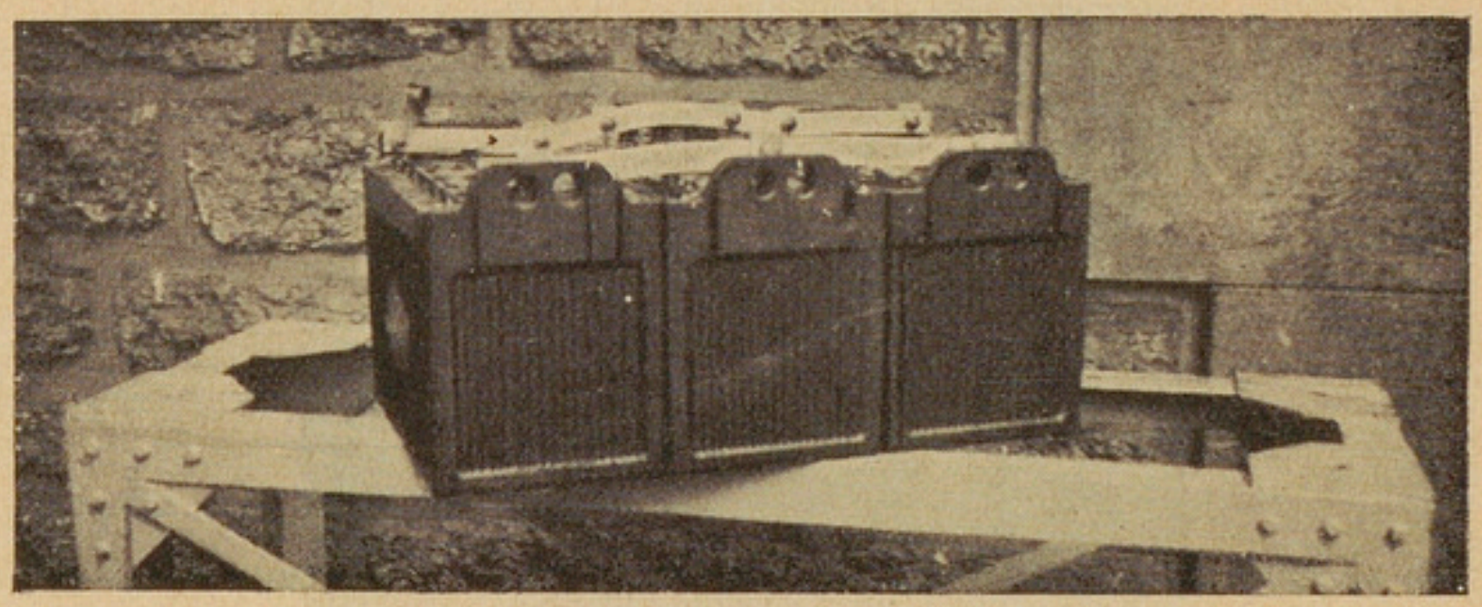


Fig. 6. — Trois éléments de condensateur formant une capacité totale de 20.000 microfarads.

beaucoup plus pure qu'avec l'ancienne distribution. Il est inutile de souligner les avantages qu'on a pu tirer de ces résultats d'expérience. Avant d'aller plus loin, donnons quelques détails sur les différents types de condensateurs qui ont été employés.

On peut les classer en deux catégories, suivant l'état de l'électrolyte : liquide libre ou immobilisé. Au point de vue électrique, les deux types de capacité conviennent également. Notons simplement quelques particularités. Les condensateurs à liquide libre ont un courant de fuite plus important ; la conservation du liquide contre toute action extérieure physique ou chimique semble difficile. Par contre, les condensateurs à liquide immobilisé paraissent plus sensibles aux effets d'une surtension ; leur présentation les rend d'un emploi très pratique. C'est ce dernier

type (fig. 5 et 6) qui a été admis dernièrement et la tenue des capacités en service n'a fait, jusqu'à présent, l'objet d'aucune remarque.

Bien que récemment introduits en France, ces condensateurs possèdent des références de plusieurs années. Les constructeurs ne peuvent encore fournir de renseignements précis sur la durée probable ; les conditions d'emploi indiquées plus haut sont favorables à une bonne conservation des électrodes (tension de 48 volts appliquée en permanence sans variations notables).

Parmi les conditions imposées au cahier des charges, on peut retenir les points suivants :
tension de service : 48 volts ; tension de formation : 60 volts ; tensions alternatives aux bornes : inférieures à 1 volt ; courant de fuite sous 48 volts : 40 milliampères [1] ; sous 60 volts : 50 milliampères ; conditions d'essais : 8 jours sous 48 volts, une heure sous 60 volts, vérification des courants de fuite, des capacités, etc... ; délai de garantie : 1 an.

Il est préférable que les éléments constituant la batterie soient prévus pour la tension de service (montage en parallèle) ; les combinaisons série-parallèle favorisent les déséquilibres de tension entre éléments, nuisibles à une bonne conservation.

Signalons enfin qu'on pourrait penser utiliser un petit disjoncteur pour protéger les condensateurs contre les surintensités ; mais ce dispositif présente l'inconvénient d'introduire en série avec la capacité une impédance non négligeable et nuisible. La protection par fusible est donc la seule admissible.

6° Nouveaux essais : rôle du condensateur. — Les essais du central « Wagram » ont été repris plusieurs fois et les premiers résultats furent toujours confirmés. Cependant les nouvelles expériences ont été mises à profit pour procéder à un examen plus approfondi de la question. Il a paru intéressant de rechercher,

---

1. Pratiquement, le courant de fuite est encore plus réduit : 10 milliampères au bout de quelques jours.

dans l'ensemble complexe des tensions parasites, les phénomènes à allure périodique et d'en trouver l'origine.

On a été logiquement amené à étudier les sources de courant continu, sources toujours impures en dehors des accumulateurs, à déterminer les tolérances admissibles pour ces sources, compte tenu des fréquences privilégiées passant facilement sur les postes d'abonnés. Une prochaine note publiera le résultat de ces études annexes.

Prenons, par exemple, les essais effectués au Central « Diderot » sur les canalisations alimentant le tableau principal du multiple. Nous chercherons en même temps à préciser le rôle du condensateur branché en shunt au tableau d'étage. Le schéma de la figure 7 indique la connexion des différents câbles et donne leur spécification. Les oscillogrammes enregistrés, dont l'analyse va suivre, ont tous été pris aux bornes du tableau d'étage, à l'heure de trafic maximum, pour un débit moyen total de 320 ampères.

a) *Circuit de conversation complètement isolé* (fig. 8).

Canalisation comprenant sur l'aller : { 1 câble de 200$^{mm^2}$, 1 câble de 167$^{mm^2}$;

et sur le retour : *idem*.

Comme phénomène périodique, on distingue, dans l'ordre des fréquences croissantes :

16,66 p : s : amplitude,	100^{mV} environ,
66,66 p : s : amplitude,	150^{mV} environ,
2000 p : s et au dessus : amplitude,	20^{mV} environ,
amplitude maximum de la courbe :	300^{mV} environ.

On constate, de plus, quelques irrégularités sans allure périodique, que nous noterons : divers, amplitude maximum 50^{mV}.

Dans ces conditions, un abonné en position de conversation entend un bruit de fond, très faible et non gênant, caractérisé par une note assez grave.

Les phénomènes périodiques notés plus haut proviennent

de la génératrice qui alimente directement le bureau (cette géné ratrice reste la même pour les autres relevés).

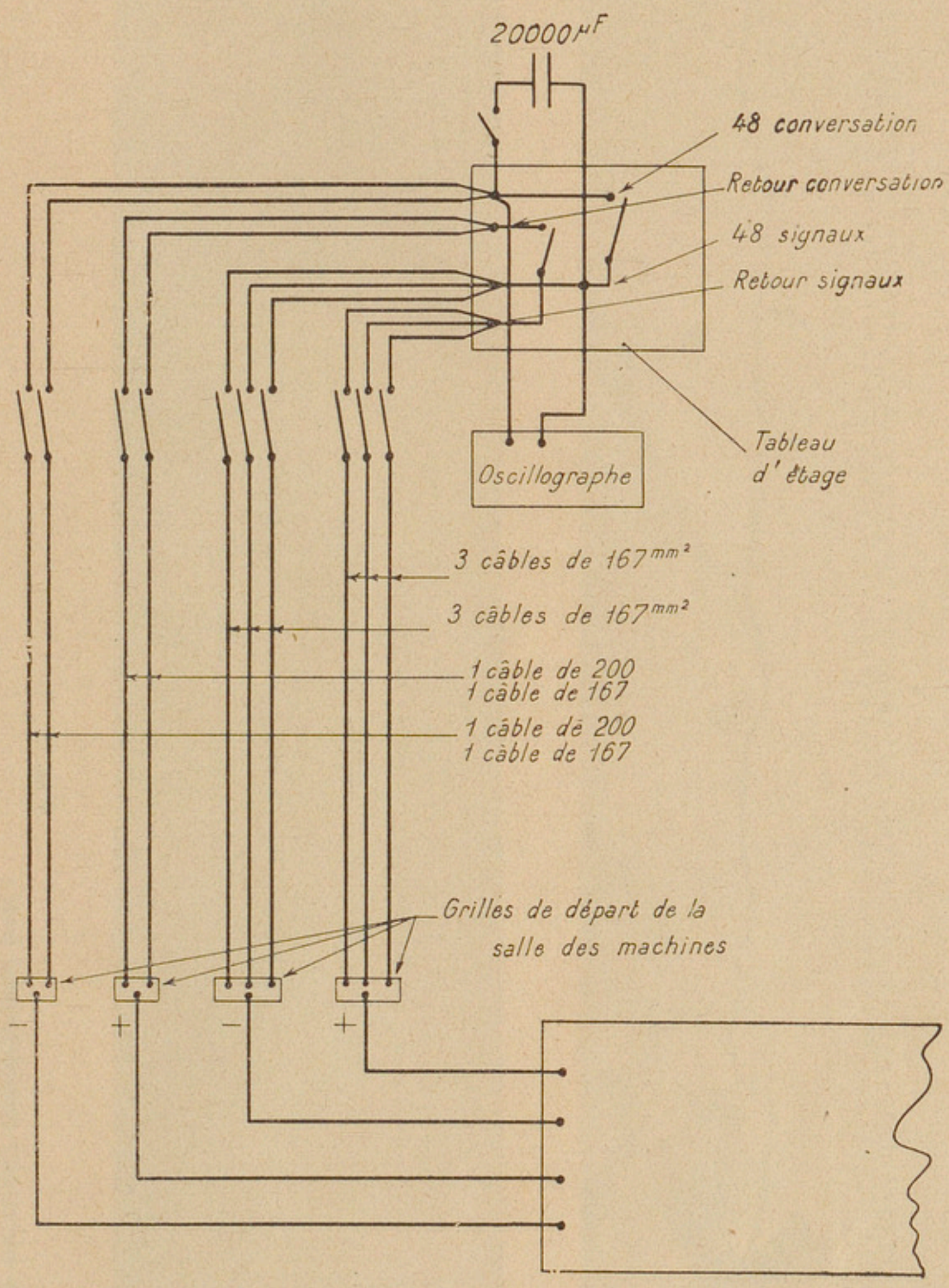
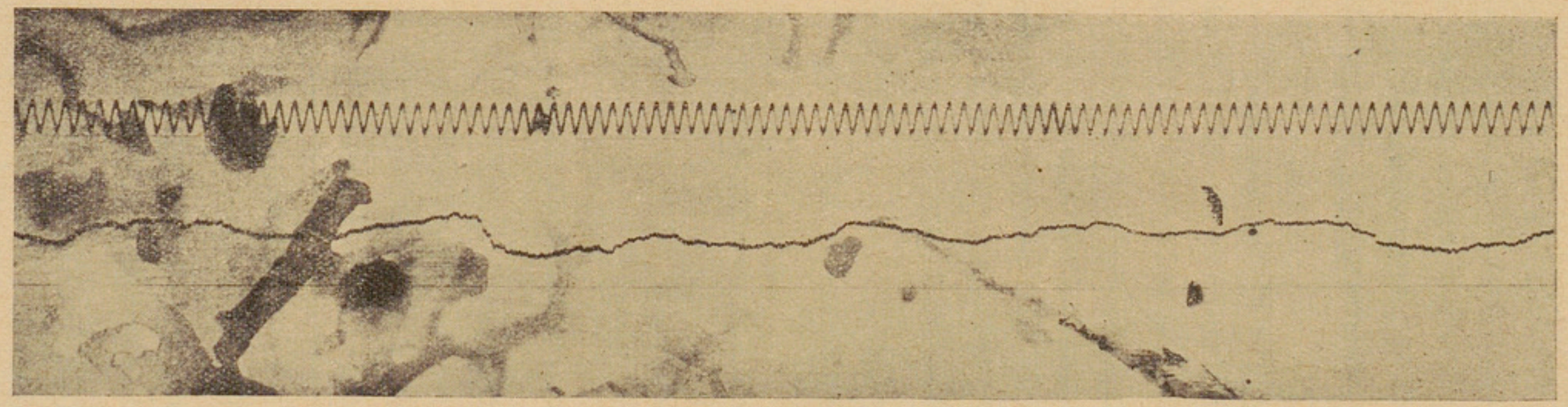


Fig. 7.

b) *Circuits de conversation et de signaux reliés en une seule colonne* (fig. 8).

Canalisation comprenant sur l'aller :	1 câble de 200mm²	868mm² au total ;
	4 câbles de 167mm²	
et sur le retour : *idem*.		



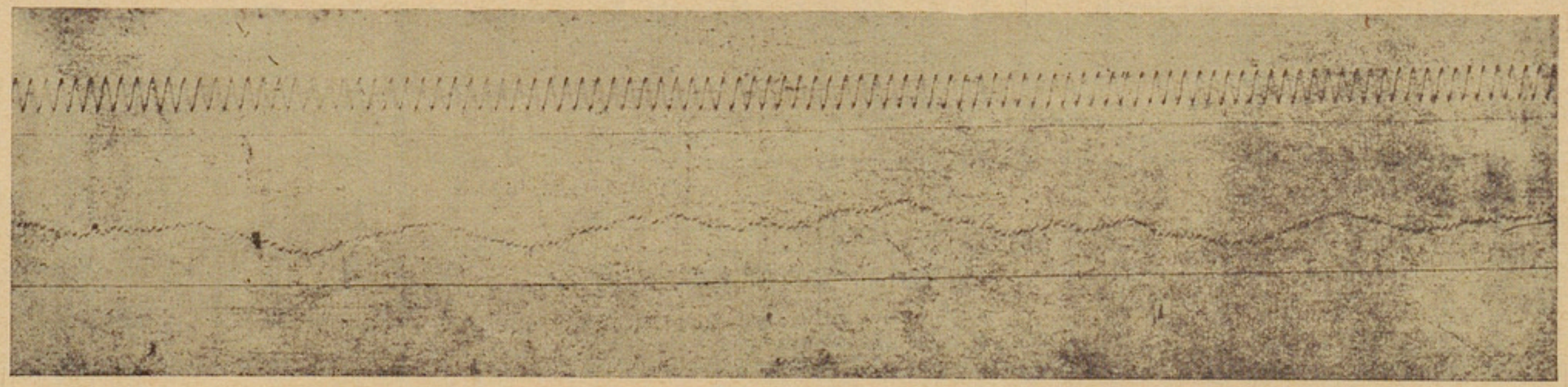


Fig. 8.

En haut : courbe prise sur circuit complètement isolé ;
en bas : circuits de conversation et de signaux reliés en une seule colonne alimentée par 4 câbles de 167 mm² et de 200 mm² pour l'aller, autant pour le retour.

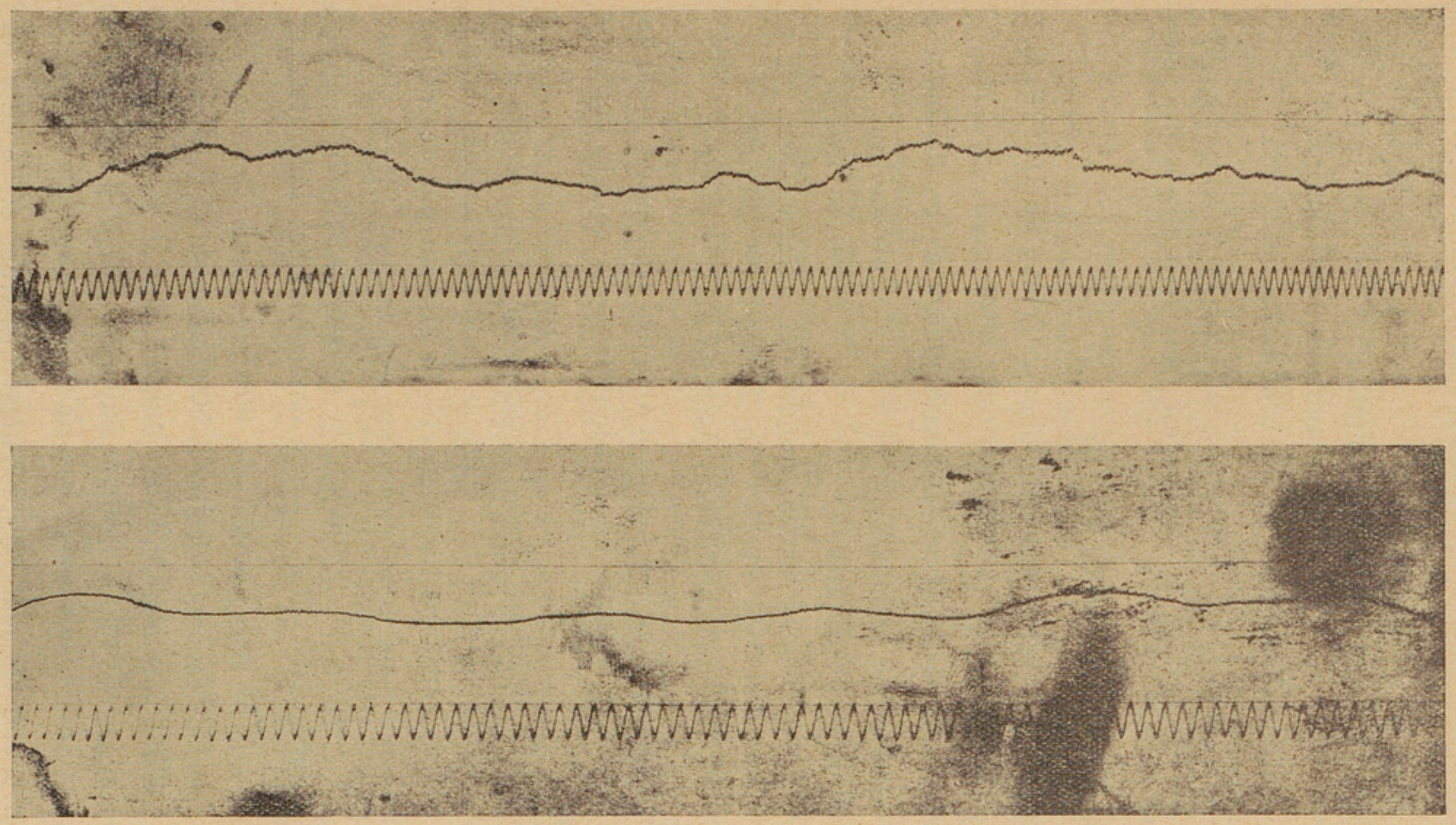


Fig. 9.

En haut : circuits de conversation et de sigaux reliés en une seule colonne alimentée par 2 câbles de 167 mm² (1 pour aller, 1 pour retour) ;
en bas : même alimentation avec un condensateur électrolytique de 20.000 microfarads en dérivation sur le circuit.

Les observations sont les suivantes :

16,66 p : s : amplitude, 100^{mV} environ,
66,66 p : s : amplitude, 100^{mV} environ,
2000 p : s et au dessus : amplitude, 10^{mV} environ,
divers : amplitude, 50^{mV} environ,
amplitude maximum de la courbe, 280 millivolts.

L'écoute sur poste d'abonné donne le même résultat que précédemment. Cependant la courbe est plus irrégulière que dans le cas a).

c) *Réduction des sections* (fig. 9).

Canalisation comprenant sur l'aller : 1 câble de 167^{mm^2},
et sur le retour : *idem.*

L'irrégularité de la courbe est très marquée ; on distingue :

16,66 p : s : amplitude, 210^{mV} environ,
66,66 p : s : amplitude, 110^{mV} environ,
2000 p : s et au dessus : amplitude, 20^{mV} environ,
divers : amplitude, 100^{mV} environ,
amplitude générale : 350^{mV} environ.

Le ronflement sur les postes d'abonnés s'accentue notablement et l'on peut craindre une diminution de la netteté des conversations.

d) *Sections réduites, mais branchement d'un condensateur de* 20.000 *microfarads* (fig. 9). — Les sections sont les mêmes que pour c) ; le condensateur est connecté au tableau par des câbles aussi courts que possible et de section importante (48^{mm^2}). Il est essentiel de réduire au minimum la résistance des connexions.

Les observations sur la courbe deviennent les suivantes :

16,66 p : s : amplitude, 90^{mV} environ,
66,66 p : s : amplitude, 50^{mV} environ,
2000 p : s : amplitude nulle,
divers : amplitude nulle,
amplitude générale : 150^{mV} environ.

Les irrégularités sont complètement disparues et l'écoute sur poste d'abonné ne révèle aucun bruit parasite appréciable.

Les conclusions sont faciles à déduire des différents essais :

1° La séparation des alimentations de conversation et de signaux n'est pas nécessaire ;

2° La réduction des sections fait croître, d'une façon générale, tous les bruits parasites et, en particulier, double l'amplitude des tensions notées plus haut « divers » et « 16,66 p : s » ;

3° L'adjonction du condensateur produit une diminution des amplitudes d'autant plus importante que les oscillations sont plus rapides (résultat normal si l'on considère les valeurs de $1/C\omega$).

L'action du condensateur est doublement favorable. En effet, il améliore les qualités téléphoniques de la source de courant continu : en supprimant les harmoniques de collecteurs (2000 p : s), en réduisant de moitié le 66,66 p : s (4 oscillations par tour d'induit) et en réduisant de moitié le 16,66 p : s (son d'axe de l'induit). De plus, il absorbe pratiquement d'une façon complète les irrégularités résultant du fonctionnement du multiple.

Les résultats obtenus, par ailleurs, en effectuant des relevés oscillographiques sur poste d'abonné ont montré que seules les fréquences relativement basses pouvaient se propager depuis la source d'alimentation jusqu'aux écouteurs. Dans le cas présent, les tensions parasites dangereuses étaient donc le 66,66 p : s et les irrégularités notées « divers » ; or l'affaiblissement obtenu pour ces deux catégories grâce au condensateur est tout à fait remarquable, puisque les amplitudes sont ramenées à 50^{mV} et 0 contre 150^{mV} et 50^{mV} dans l'ancien système.

7° Conséquences pratiques. — Les résultats techniques qui viennent d'être exposés se montrent gros de conséquences au point de vue économique. Leur connaissance a permis de réaliser pendant l'année 1932 de très importantes économies.

La réunion des canalisations alimentant les circuits de conversation et de signaux simplifie les colonnes, les panneaux d'arrivée et de départ. L'économie qui en résulte est peu sensible : l'avantage principal consiste en une réduction appréciable de l'encombrement et en une meilleure utilisation du cuivre.

La réduction des sections, réduction qui, en général, s'établit

dans le rapport de 5 à 1, constitue, au point de vue économique, un gain considérable. Comme on le verra plus loin, le prix d'achat des condensateurs demeure très faible devant les économies réalisées sur le cuivre.

Actuellement, les canalisations sont calculées en admettant, entre la salle des machines et les tableaux d'étage, une chute de tension maximum de 2 volts. Dans ces conditions, le cuivre, beaucoup mieux utilisé qu'autrefois, supporte des densités de courant de l'ordre de 2 ampères par millimètre carré, valeur courante dans l'industrie. Cette densité a été atteinte aux essais du central « Diderot ».

La chute de tension en ligne n'est nullement un inconvénient, si l'on néglige l'effet Joule dissipé en cours de route. L'alimentation directe, par génératrice, permet de maintenir, à l'arrivée aux tableaux d'étage, une tension continue constante ; il suffit pour cela de piloter l'enroulement voltmétrique des régulateurs automatiques de tension à partir du multiple.

On envisage même, pour les bureaux très éloignés des machines, de porter à plus de 2 volts la chute en ligne ; par contre, pour les multiples très rapprochés, cette chute de 2 volts n'est plus l'élément prépondérant qui doit intervenir dans le calcul des canalisations, mais on s'efforce de rester dans les limites normales d'échauffement.

La perte de puissance par effet Joule dans les canalisations plus résistantes reste peu importante, d'autant plus que sa valeur maximum n'est atteinte que pendant les moments de pointe. Pour fixer les idées, considérons le cas d'un multiple de 10.000 abonnés dont le trafic journalier présenterait des pointes très étalées. Ces conditions sont d'ailleurs les plus défavorables à une réduction des sections. Le débit maximum de 600 ampères fixe à $\frac{2^{\text{V}}}{600^{\text{A}}} = \frac{1}{300}$ d'ohm la résistance des canalisations ; cette résistance eût été autrefois de $\frac{0^{\text{V}},25}{600^{\text{A}}} = \frac{1}{2400}$ d'ohm. L'accroissement de résistance est donc de $\frac{1}{300} - \frac{1}{2400} = \frac{7}{2400}$ d'ohm.

Si l'on se reporte aux graphiques d'ampèremètres enregis-

treurs d'un bureau répondant aux conditions indiquées plus haut, un calcul simple permet d'évaluer la perte d'énergie résultant de la réduction des sections :

pendant une journée de mars : 4.225 watts-heure ;
pendant une journée d'août : 3.440 watts-heure.

L'observation du trafic durant le cours d'une année conduit aux chiffres suivants :

Perte annuelle d'énergie provenant de la réduction des sections	1505 kilowatts-heure,
Prix du kilowatt-heure en courant alternatif.	0f,45
Rendement moyen de transformation du courant alternatif en courant continu ..	0 ,5
Dépense correspondante..	1355 francs.

Par contre, une économie de 100.000 francs au minimum est réalisée sur le prix de première installation. Il en résulte une diminution des frais d'amortissement pouvant se décomposer ainsi par annuité :

Amortissement du matériel, 3 %..	3.000f,
Amortissement financier, 6,38 %..	6.380f,
Total.....	9.380f.

La comparaison des chiffres cités (1) permet de conclure nettement en faveur des réductions de section.

En résumé, l'application des condensateurs électrolytiques aux canalisations de section réduite présente les avantages suivants :

amélioration de la pureté du courant d'alimentation,
diminution notable des frais de premier établissement,
diminution des frais d'amortissement,
simplification des installations.

Pour terminer, nous indiquerons que, sur l'ensemble des installations réalisées à Paris en 1932, il a été ainsi réalisé une

1. Les chiffres indiqués pour la dépense supplémentaire de consommation ont été calculés pour un centre de 10.000 abonnés à trafic intense et complètement saturé.

économie totale de 1.122.400 francs sur les frais de premier équipement, compte tenu de l'achat et de la pose des condensateurs.

Remarque. — Les condensateurs électrolytiques sont susceptibles de beaucoup d'autres applications. Signalons, par exemple, la possibilité d'alimenter les installations privées au moyen de feeders issus des centraux à condition de brancher en extrémité de ligne un condensateur de forte capacité.

Étude du

FONCTIONNEMENT D'UN AUTO-OSCILLATEUR

perturbé par une onde extérieure de fréquence peu differente de la sienne, [1]

par H. SUBRA,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

La superposition, dans un même circuit, de deux courants de haute fréquence, de fréquences voisines f et f_1, donne lieu, dans un haut-parleur et après détection, à un son de hauteur égale à $|f - f_1|$: c'est la théorie classique des battements. Mais cette théorie n'est applicable que si les générateurs produisant ces deux courants de haute fréquence oscillent librement et ne présentent entre eux aucun couplage unilatéral ou bilatéral. Dans le cas contraire, des phénomènes nouveaux apparaissent, d'autant plus marqués que les fréquences f et f_1 sont plus voisines. L'étude qui suit a pour but de décrire ces phénomènes et d'essayer de les expliquer dans le cas du fonctionnement d'un oscillateur perturbé par un second oscillateur de fréquence voisine sur lequel il ne peut réagir (c'est, par exemple, le cas, en TSF, des récepteurs autodynes et de la plupart des récepteurs hétérodynes).

---

1. Cette étude a été entreprise à la suite de la communication de M. H. Abraham à l'Académie des sciences sur ce sujet, le 11 juillet 1932. Un certain nombre des résultats de l'étude analytique ont déjà été mis en évidence par M. B. van der Pol, au moyen de l'intégration approchée de l'équation différentielle qui régit le phénomène (existence d'une plage de synchronisation, influence de l'amplitude de la force électromotrice extérieure sur la largeur de la plage).

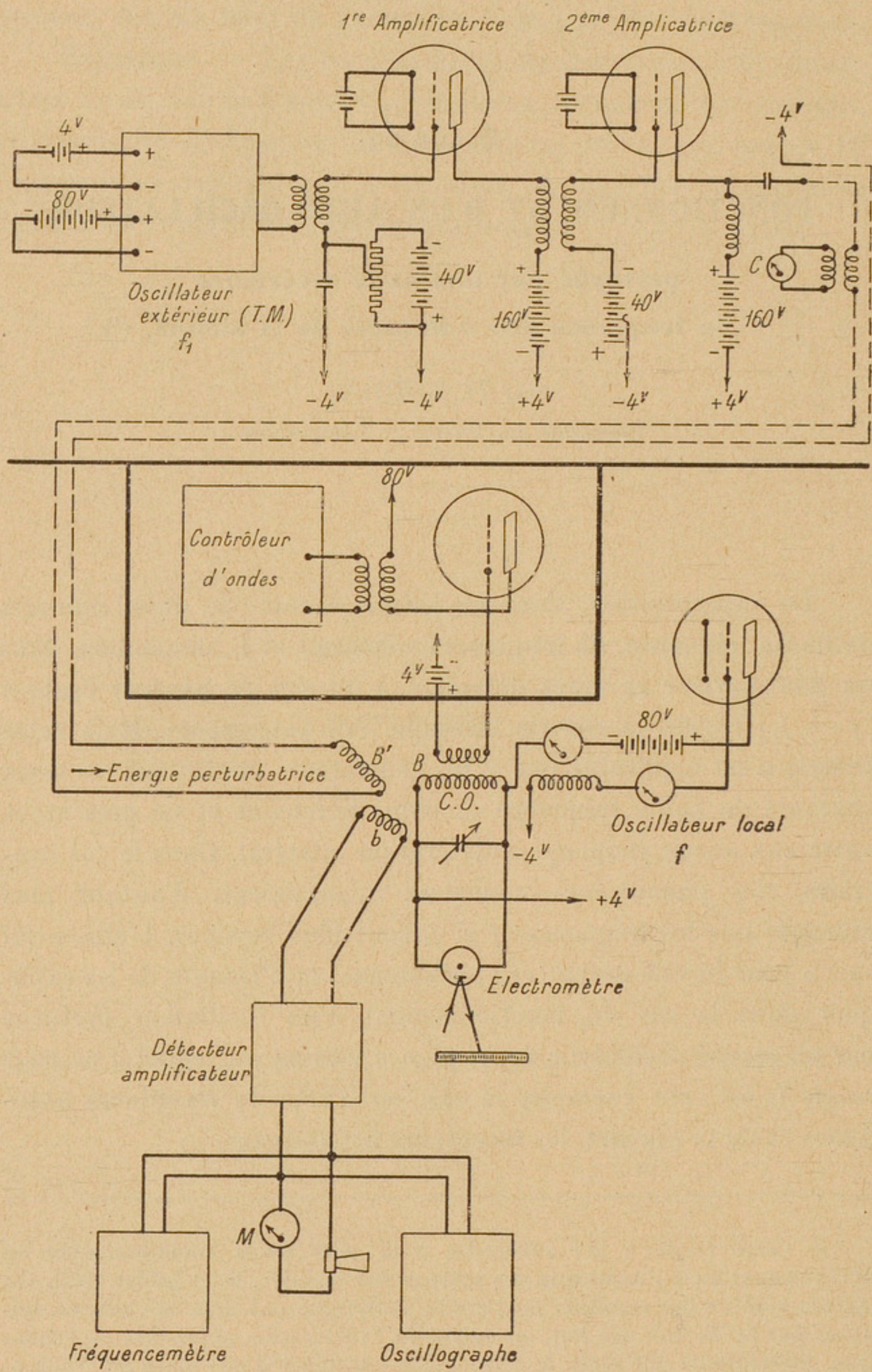


Fig. 1. — Dispositif expérimental.

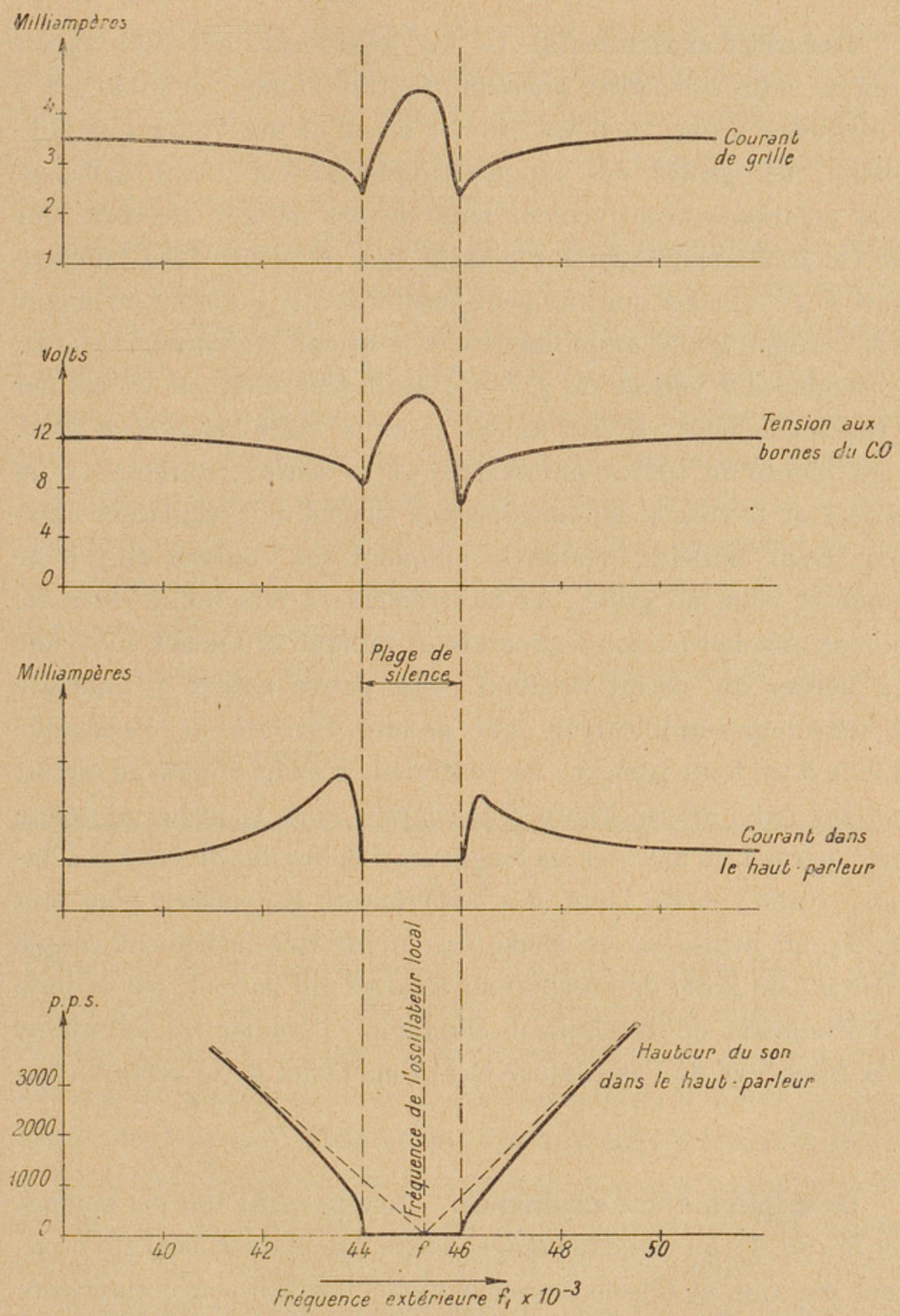

Milliampères
4
3
2
1
Courant de grille
Volts
12
8
4
0
Tension aux bornes du C.O
Plage de silence
Milliampères
Courant dans le haut-parleur
p.p.s.
3000
2000
1000
0
Fréquence de l'oscillateur local
Hauteur du son dans le haut-parleur
40
42
44
f
46
48
50
Fréquence extérieure $f_1 \times 10^{-3}$

Fig. 2.

I. Etude expérimentale.

Dispositif expérimental. — Un oscillateur, qui sera appelé dans la suite *oscillateur extérieur*, fournit l'onde perturbatrice à la fréquence f_1 (fig. 1). Il est suivi d'un ou de deux étages amplificateurs, les grilles des lampes amplificatrices étant suffisamment polarisées négativement pour ne pas débiter, de sorte que que cet oscillateur extérieur possède une fréquence bien indépendante des couplages que l'on peut produire entre le circuit de plaque de la dernière lampe amplificatrice et le second oscillateur. Celui-ci, de fréquence f voisine de f_1, est l'oscillateur dont on va étudier le fonctionnement ; il sera appelé dans la suite l'*oscillateur local.* Il est monté de toutes pièces suivant le schéma indiqué sur la figure 1 et se trouve convenablement éloigné de l'oscillateur extérieur. Deux milliampèremètres indiquent son courant moyen de plaque et celui de grille ; un électromètre à très faible capacité, branché aux bornes du condensateur, indique la tension moyenne aux bornes du circuit oscillant. Une petite bobine b alimente un détecteur-amplificateur, qui permet l'écoute de l'ensemble à l'aide d'un haut parleur ; un contrôleur d'onde, couplé au circuit oscillant par l'intermédiaire d'une lampe dont la grille ne débite point, permet de mesurer les longueurs d'ondes des diverses oscillations. Enfin, dans l'une des expériences rapportées plus loin (fig. 7), on utilise un troisième oscillateur très lâchement couplé au circuit de grille de l'oscillateur local et qui permet, par la note de battements qu'ils donnent ensemble, d'étudier les variations de la fréquence de l'oscillateur local sous l'effet de la perturbation extérieure.

Description d'une expérience. — Réalisons, à l'aide des bobines B et B' (fig. 1), un couplage moyen entre l'oscillateur local et l'oscillateur externe, et faisons varier lentement la fréquence extérieure f_1, la fréquence locale f restant fixe. Pour $f_1 \gg f$ (fig. 2), on entend dans le haut-parleur un son de hauteur très élevée ; le son baisse de hauteur lorsque f_1 diminue, et il perd peu à peu son caractère

musical : il devient bientôt un roulement sec, dont la fréquence baisse toujours avec $|f - f_1|$, et qui, pour une faible valeur de $|f - f_1|$, peut se réduire à un ou deux chocs par seconde dans le haut-parleur. Puis, pour une valeur f_{1a} de f_1, le silence s'établit et persiste jusqu'à la valeur f_{1b}, pour laquelle quelques chocs réapparaissent de nouveau dans le haut-parleur, et les mêmes phénomènes recommencent ensuite en sens inverse.

Aucun son musical ni choc ne se produisant dans la plage $f_{1a} - f_{1b}$, on doit en conclure que, lorsque l'onde extérieure se trouve dans cette bande de fréquences, l'oscillateur local se trouve synchronisé et oscille à la fréquence qui lui est imposée par l'onde perturbatrice. Ce phénomène a été utilisé pour réaliser un oscillateur à haute fréquence de fréquence rigoureusement connue : un diapason fournit un courant oscillant, dont on utilise le premier harmonique pour synchroniser au sens précédent un second oscillateur ; l'harmonique de ce dernier est utilisé à son tour pour synchroniser un troisième oscillateur, etc...

Ce phénomène, déjà connu, de la synchronisation, disparaît

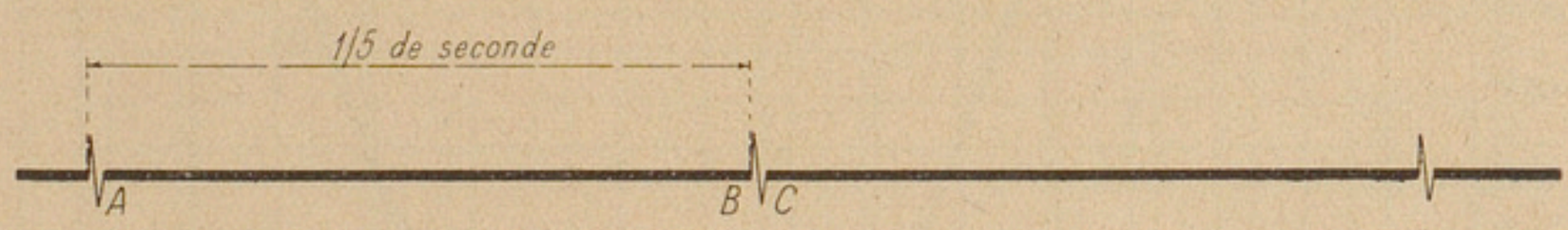


Fig. 3.

à l'extérieur de la plage $f_{1a} - f_{1b}$; c'est alors qu'apparaissent dans le haut-parleur une série de chocs, d'autant plus espacés que f_1 est plus voisin de la plage de synchronisation, et produisant de violentes impulsions dans un milliampèremètre M monté en série avec le haut-parleur. Mais aucun des appareils de mesure placés sur les divers circuits de l'oscillateur local n'accuse ces impulsions; tout au plus, dans certains cas, a-t-on pu constater de très faibles oscillations des aiguilles ou du spot de ces appareils de mesure. Le courant qui traverse le haut-parleur, inscrit à l'oscillographe à travers transformateur, présente la forme de courbe indiquée par la figure 3. Durant le temps représenté par AB, le milliampèremètre M se fixe à la valeur qu'il indique lorsque la lampe détec-

trice ne reçoit pas de courant modulé : c'est donc que, pendant ce temps, l'oscillateur local ne débite pas de courant à sa fréquence f, mais débite du courant à la fréquence externe f_1 ou à une fréquence extrêmement voisine. Durant le temps représenté par BC, au contraire, un choc est entendu au haut-parleur, tandis que l'aiguille de M subit une impulsion vers la valeur qu'elle indique lorsqu'on entend un son continu, et cette impulsion n'est pas due à une simple variation de l'amplitude de l'oscillation précédente à la fréquence f_1 ou très voisine de f_1, car les appareils de mesure placés sur l'oscillateur local ne subissent qu'une impulsion insignifiante.

Hauteur du son entendu. — La hauteur du son entendu

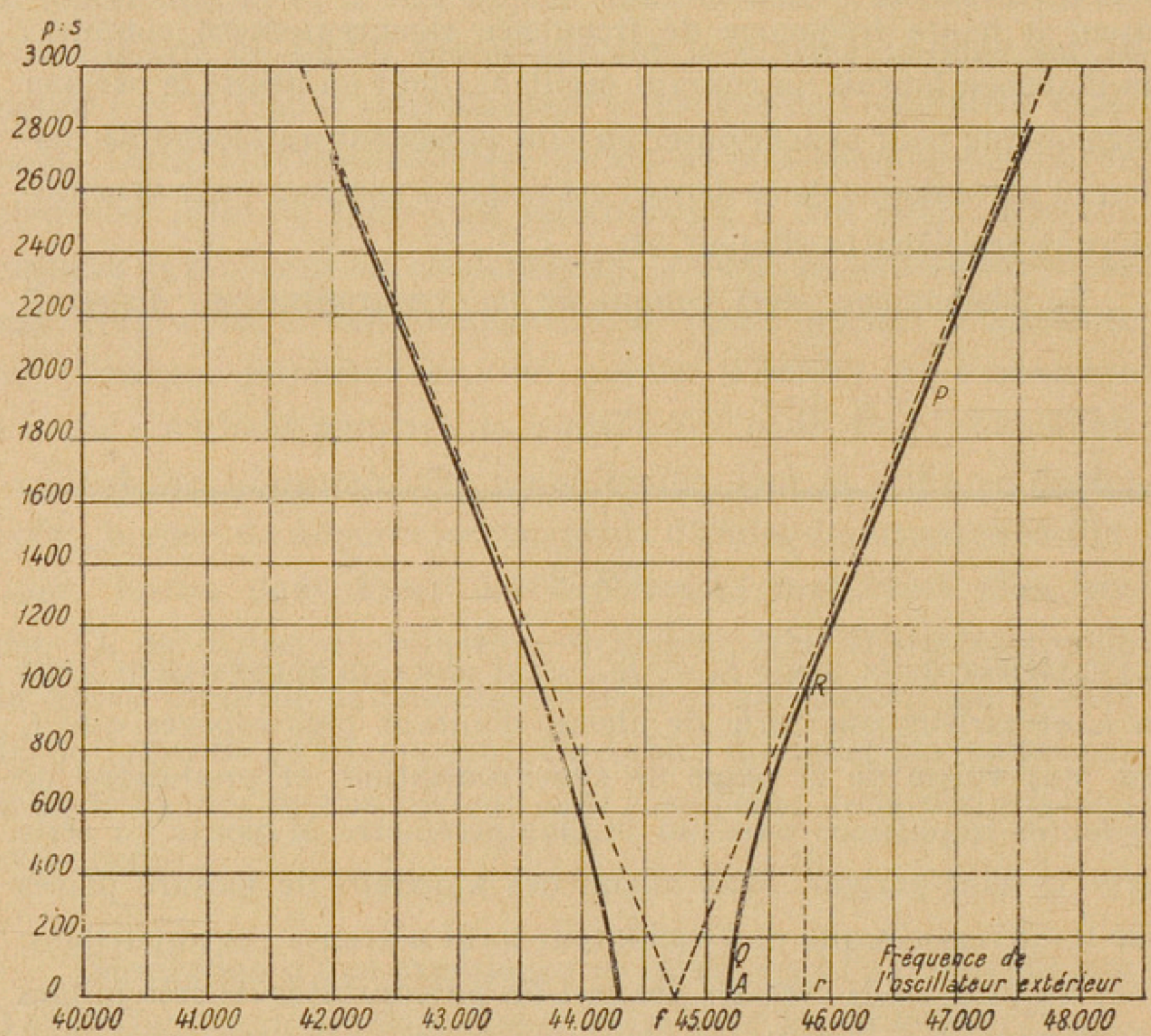


Fig. 4. — Hauteur du son dans le haut-parleur (force électromotrice perturbatrice faible).

dans le haut-parleur (fondamental de ce son) a été mesurée au fréquencemètre : elle est indiquée, en fonction de la fréquence f_1,

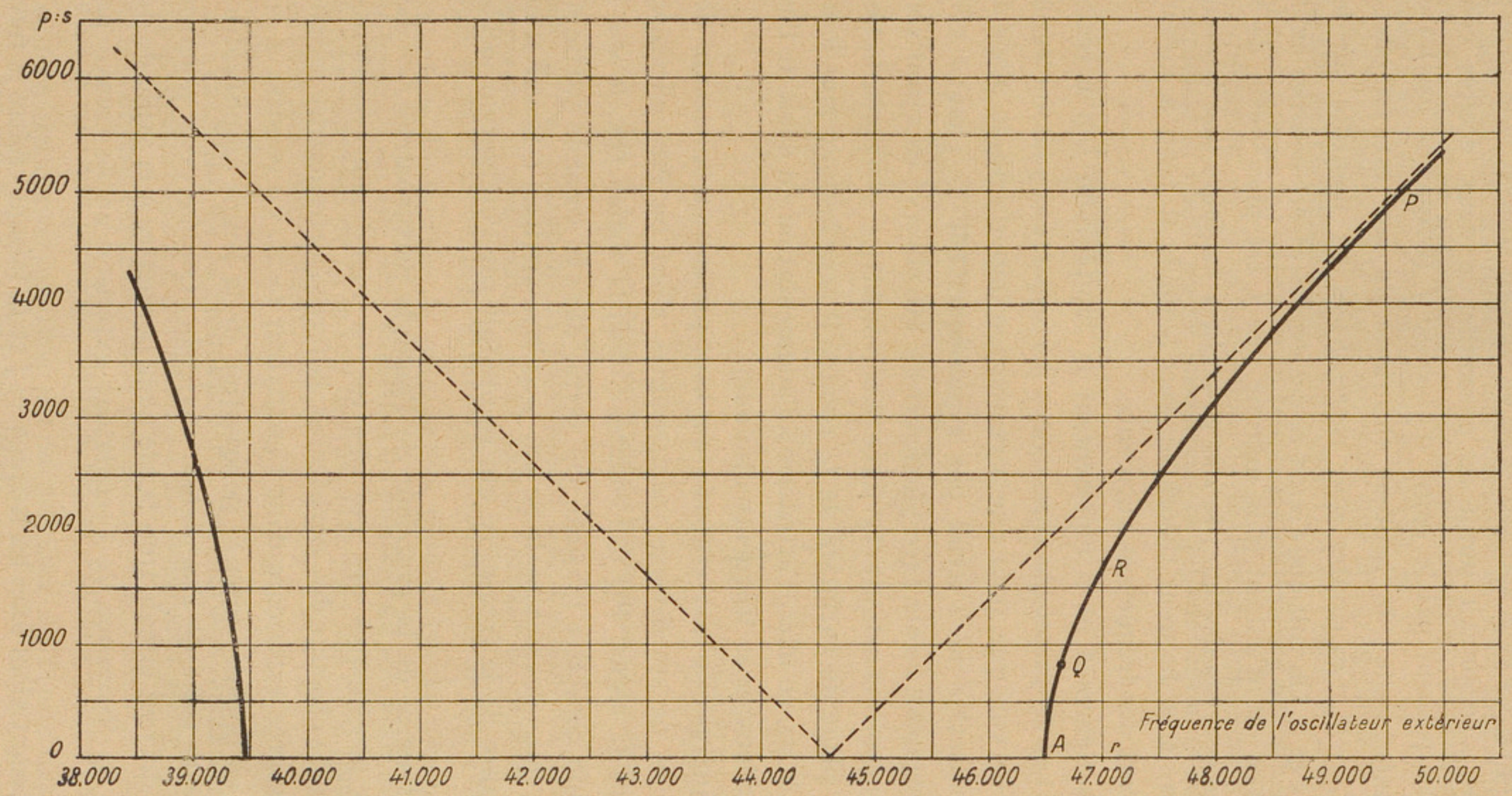


Fig 5. — Hauteur du son dans le haut-parleur (force électromotrice perturbatrice très élevée).

sur les figures 4 et 5. La courbe qu'on devrait trouver si la théorie ordinaire s'appliquait serait un ensemble de deux droites concourantes passant par le point d'abscisse f (fréquence locale) et d'ordonnée nulle ; la hauteur théorique du son est, en effet : $h = |f_1 - f|$. Ces droites sont représentées en pointillé sur les figures 4 et 5. On voit que l'écart de ces droites et des courbes expérimentales est d'autant plus marqué que f_1 est plus voisin de la plage de synchronisation ; le son entendu a toujours une hauteur inférieure à sa hauteur théorique, vers laquelle il tend à mesure que l'écart des fréquences augmente.

Les figures 4 et 5 représentent la hauteur du son entendu dans le cas de forces électromotrices perturbatrices plus ou moins fortes : on voit que, pour une perturbation importante, la plage de synchronisation ne s'étend pas symétriquement de chaque côté de la fréquence locale f (ce phénomène a été observé en ayant soin de maintenir constante la force électromotrice de perturbation pour la plage de variation de f_1, comme il sera indiqué plus loin ; on aurait pu, en effet, l'attribuer à l'augmentation du débit de l'oscillateur lorsque sa fréquence diminue).

L'analyse du son entendu au haut-parleur et la mesure des fréquences de ses diverses composantes n'ont pu être effectuées que dans la région PQ des courbes ; dans la région QA, le son a perdu son caractère musical. On verra, dans la seconde partie de l'étude, que le caractère de ce son peut être attribué à la variation instantanée de la fréquence qui se produit sur l'oscillation locale.

Influence de la grandeur de l'énergie perturbatrice. — Les courbes précédentes ont été relevées en maintenant constante, au cours de chacune des expériences, la force électromotrice induite par la source extérieure dans l'oscillateur local. Ce résultat a été obtenu en faisant varier la polarisation de la lampe amplificatrice placée à la suite de l'oscillateur extérieur. Comme cette polarisation ne devient jamais trop faible pour permettre à la grille de dédébiter, la fréquence de l'oscillateur extérieur ne se trouve pas altérée.

Laissant alors fixes les fréquences f et f_1, faisons croître la force

électromotrice extérieure qui perturbe l'oscillateur local : la hauteur du son entendu au haut-parleur diminue et finit même par s'annuler : l'énergie perturbatrice est devenue suffisante pour synchroniser à sa fréquence l'oscillateur local (fig. 6).

On s'assure de la façon suivante que la variation de la hauteur du son est réellement due à une variation de l'énergie perturbatrice et non à une variation de la fréquence extérieure entraînée par la modification de la polarisation de la lampe amplificatrice : La fréquence f_1 étant réglée au-dessus de f pour obtenir un son à

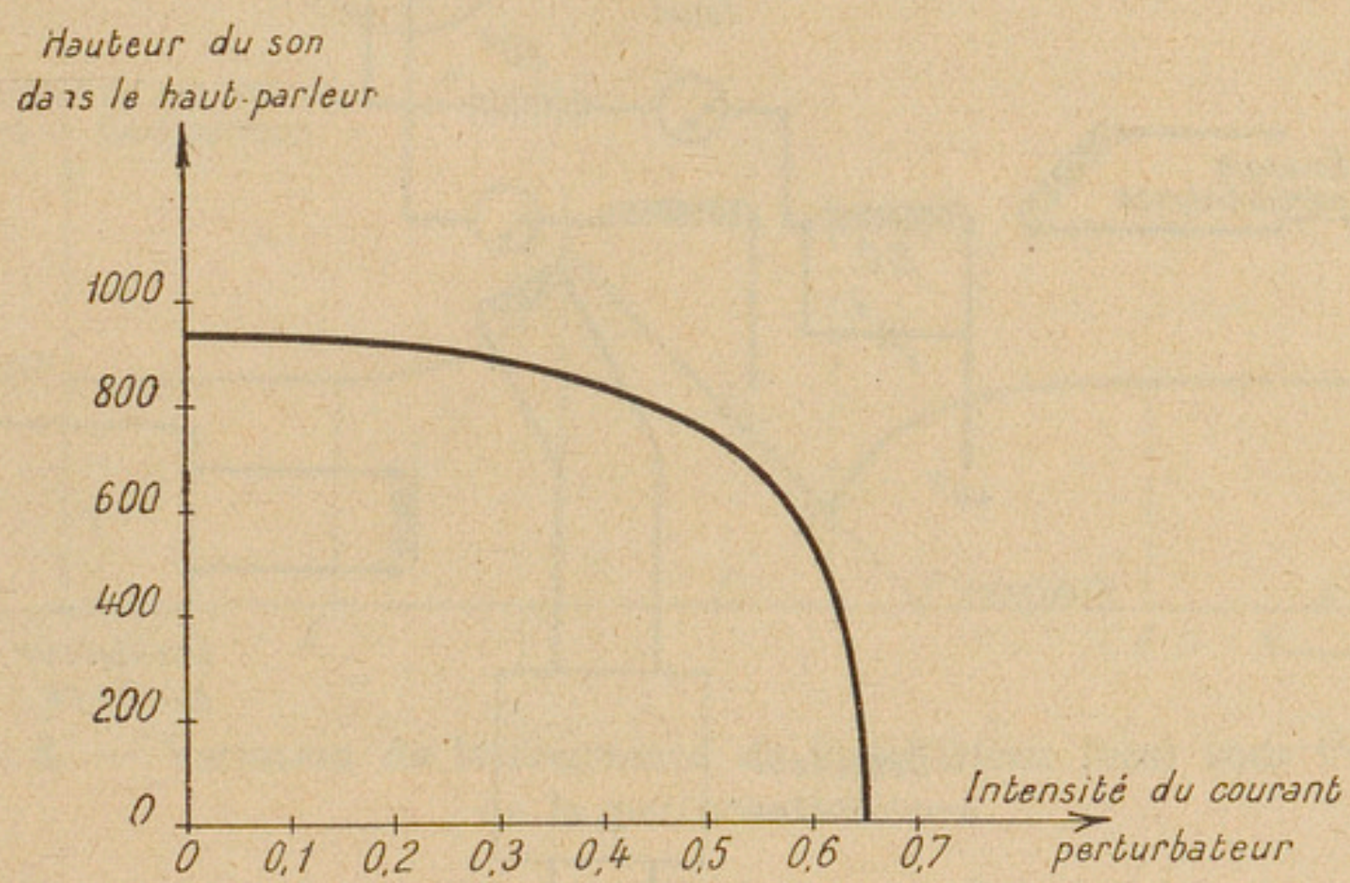


Fig. 6. — Effet de la variation de l'énergie perturbatrice.

800 p : s, diminuons la polarisation : la hauteur du son baisse. Amenons la polarisation à sa valeur initiale et réglons f_1, cette fois-ci, au-dessous de f, de façon à obtenir encore un son à 800 p : s : la même diminution de polarisation produit encore une baisse de la hauteur du son. Si la variation de hauteur du son était imputable à une variation de f_1, le son devrait être plus bas dans l'un des cas et plus haut dans l'autre.

Variation de la fréquence de l'oscillateur local sous l'effet de la perturbation extérieure. — Le désaccord entre les droites et les courbes expérimentales des figures 4 et 5 donnant la hauteur du son entendu provient, dans la région PQ, de ce que l'oscillateur voit sa fréquence modifiée par la présence de l'onde extérieure :

elle semble attirée vers la fréquence de l'onde perturbatrice. Ce phénomène est mis en évidence par l'écoute des battements de l'oscillateur local et d'un troisième oscillateur couplé d'une manière extrêmement lâche au circuit de grille de l'oscillateur local (fig. 7) ; il faut s'assurer au préalable que l'on n'entend pas de son dû aux battements de ce troisième oscillateur avec l'onde extérieure.

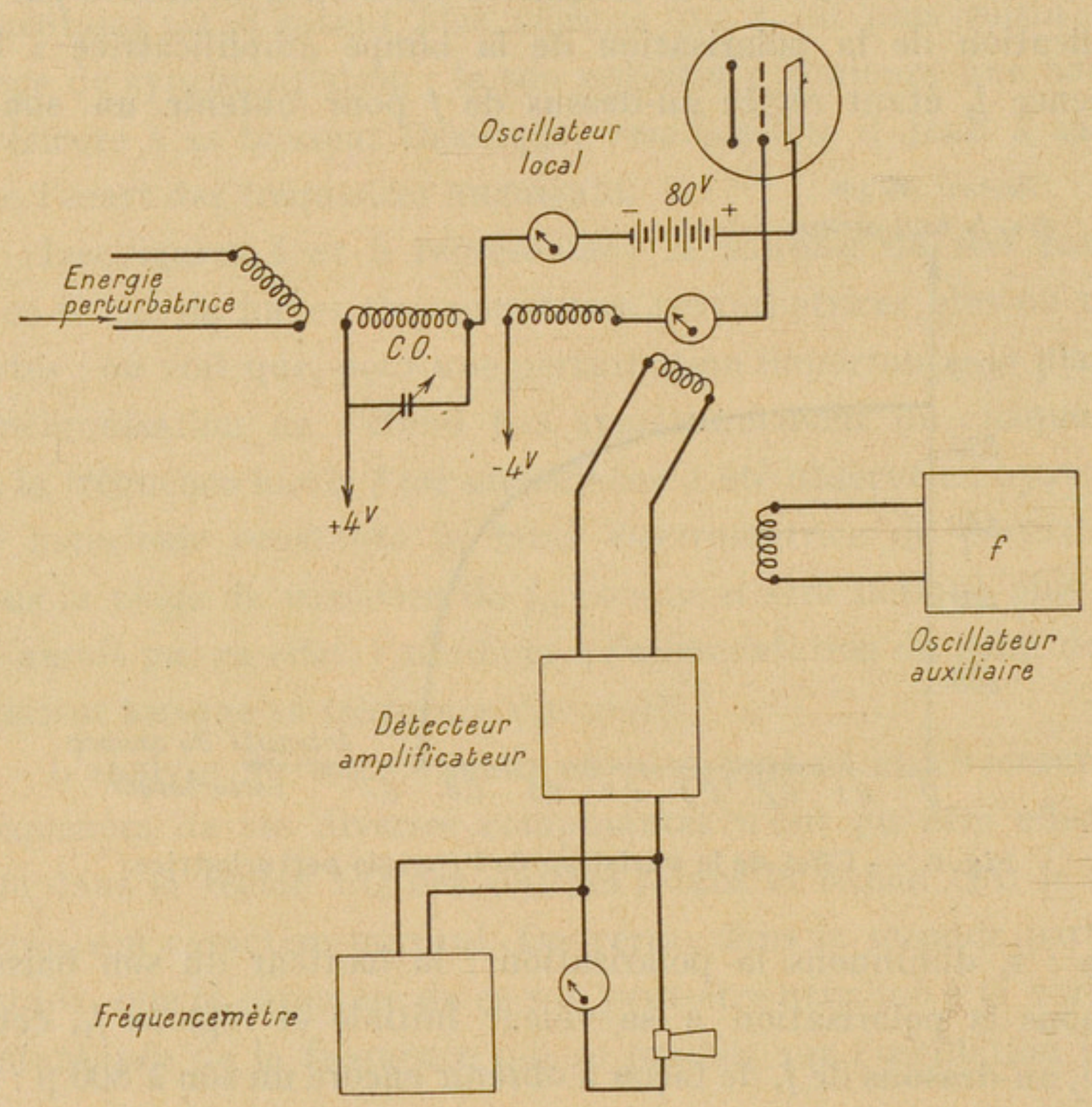


Fig. 7. — Variation de la fréquence de l'oscillateur local sous l'effet de la perturbation.

Lorsqu'on fait varier la fréquence extérieure f_1 en la rapprochant de f, la hauteur de la note entendue est d'abord stable, puis change peu à peu, accusant une variation de la fréquence de l'oscillation locale et dans un sens tel que cette dernière semble attirée progressivement vers la fréquence extérieure. Ces variations sont indiquées sur la figure 8. f est la fréquence locale non perturbée, f_{aux} est la fréquence de la source auxiliaire. Tant que f_1 est extérieure

à la zone AB (zone de perturbation de f) la note entendue a pour hauteur $f_{aux} - f$. Dès que f_1, rentre dans cette zone, en A par exemple, le point f est attiré vers la gauche et la hauteur de la note croît. En C, la synchronisation de f se produit et, f_1 continuant à varier dans le sens de la flèche, la hauteur du son est représentée par la droite CD, passant par le point f_{aux}. Mais, en D, la désynchronisation se produit ; la note remonte peu à peu de hauteur, car l'attraction de f vers f_1 va en diminuant, et à partir de B on retrouve la note initiale $f_{aux} - f$, qui reste stable dans la suite.

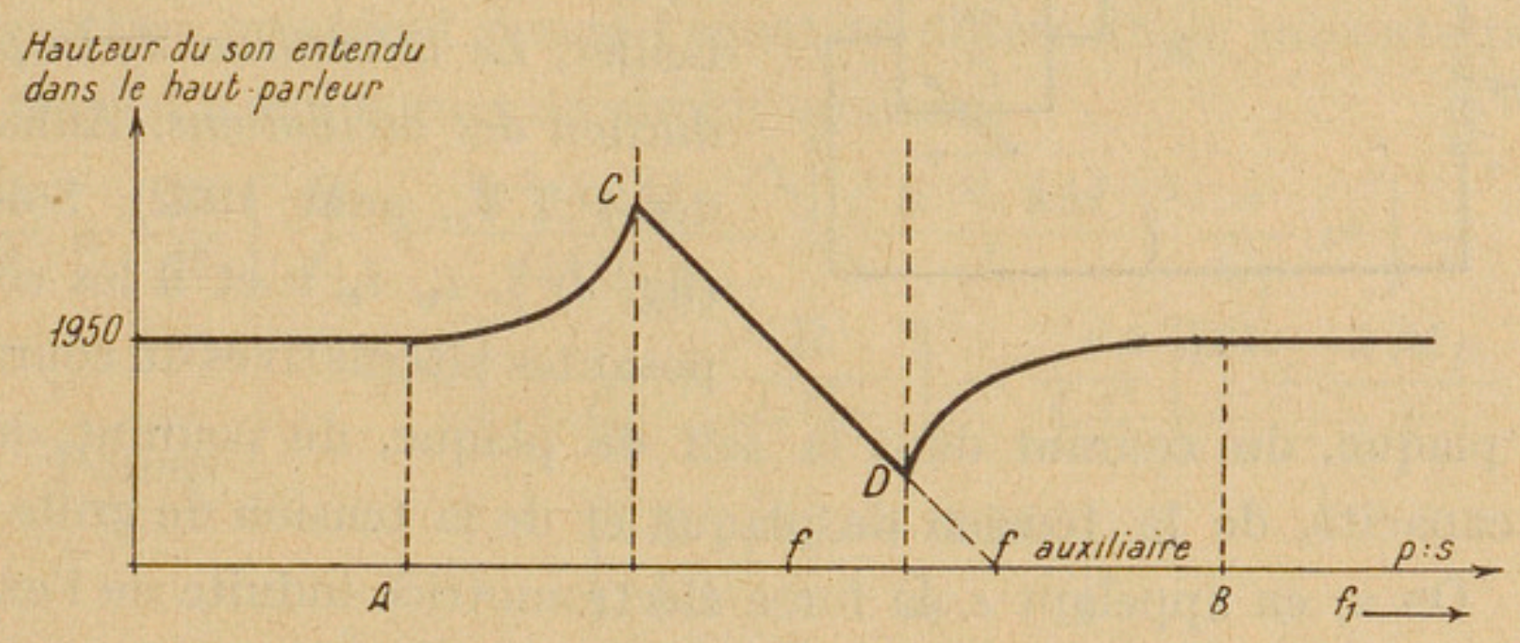


Fig. 8. — Variation de la fréquence de l'oscillateur local sous l'effet de la perturbation.

Ce phénomène peut également être mis en évidence par une écoute directe du circuit oscillant au contrôleur d'ondes ; mais l'accord est beaucoup moins net que dans le cas de l'écoute d'un oscillateur non perturbé et peut même donner lieu, au condensateur du contrôleur, à une plage d'écoute étendue, dans laquelle il est difficile de repérer un maximum.

II. Etude analytique.

L'étude expérimentale du fonctionnement d'un oscillateur sur lequel agit une force électromotrice extérieure de pulsation ω_1, voisine de celle de l'oscillateur ω, a fourni un certain nombre de résultats, dont on peut chercher l'interprétation analytique et les causes physiques.

Equation différentielle du problème. — Le problème analytique consiste à étudier la solution de l'équation différentielle représentant un oscillateur libre complétée par un second membre dû à la présence de la force électromotrice extérieure. Il est nécessaire, pour rendre compte de ces phénomènes, d'écrire une équation différentielle non linéaire ; nous écrirons pour cela que la « caractéristique composée » de l'oscillateur est représentée par une équation non linéaire (Ph. le Corbeiller, *Le mécanisme de la production des oscillations*, Annales des P.T.T., août 1932). Soient (fig. 9) j, i_1, i_2, v et u les composantes alternatives du courant de plaque, du courant dans la self de plaque, du courant dans la capacité, de la tension de plaque et de la tension de grille [1].

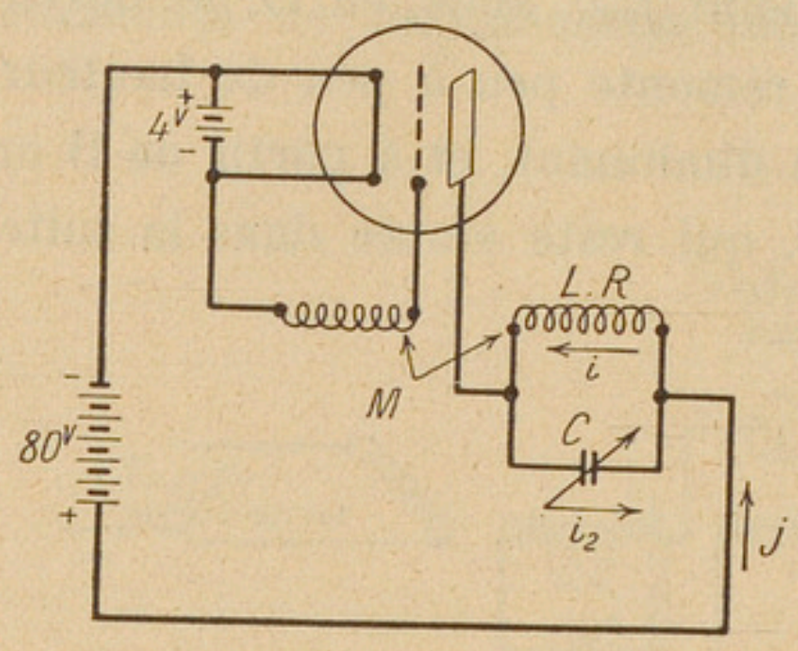


Fig. 9.

On a, en appelant e, la force électromotrice induite de l'extérieur dans la self L, les cinq équations suivantes (la lettre p représentant le symbole $\frac{d}{dt}$) :

$$\begin{cases} \rho j = (v + ku) - \sigma (v + ku)^3, & \text{(équation de la caractéristique composée).} \\ u = - M i_1 p, \\ v = e - R i_1 - L i_1 p, \\ i_2 = C v p, \\ j = i_1 - i_2. \end{cases}$$

1. Le schéma d'oscillateur libre étudié par M. van der Pol et représenté sur la figure 9*bis* conduit à des calculs plus simples que ceux qui vont suivre ; il diffère du schéma de la figure 9 en ce que la résistance réelle R du circuit oscillant se trouve remplacée par une résistance fictive R_1, de valeur élevée, montée en shunt aux bornes de la self. Mais cette résistance R_1 équivalente à R est fonction de la fréquence, et il est donc plus rationnel, puisque le circuit oscillant étudié n'est pas le siège de courant à une seule fréquence, d'adopter le schéma de la figure 9.

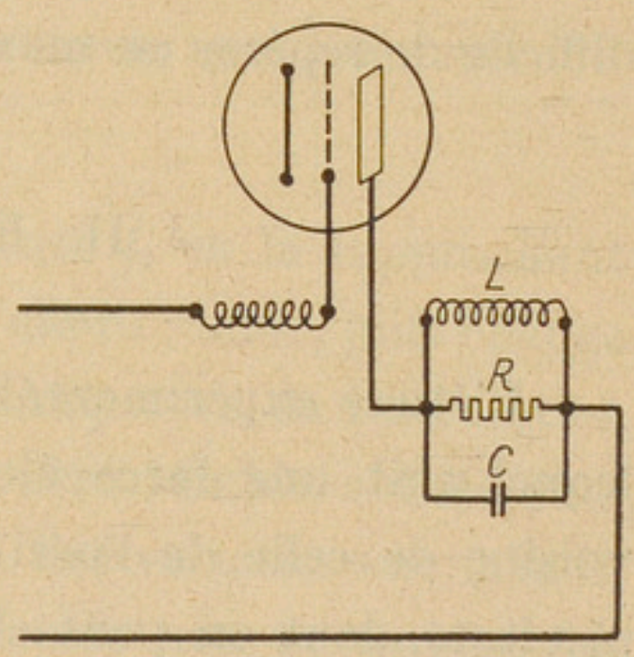


Fig. 9 *bis*.

De la seconde et de la troisième équation, on tire :

$$v + ku = v\,\frac{R + (L + kM)\,p}{R + Lp} - e\,\frac{kMp}{R + Lp}.$$

Nous supposerons que e est petit devant v (ce qui cst réalisé dans la majeure partie des cas), et par suite nous ne retiendrons, pour la valeur de $v + ku$ à introduire dans le terme correctif $\sigma\,(v + ku)^3$, que la première partie de l'expression précédente ; de plus, nous négligerons, dans ce terme correctif, la valeur de R devant Lp et $(L + kM)\,p$, ce qui est justifié si le coefficient de surtension du circuit a une valeur acceptable. Dans ces conditions, le système précédent donne l'équation différentielle suivante pour la tension v aux bornes du circuit oscillant.

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{dv}{dt}\left[\frac{R}{L} + \frac{L + kM}{LC\rho} - 3\left(\frac{L + kM}{L}\right)^3 \frac{\sigma}{C\rho}\,v^2\right] + \\ + v\left[\frac{1}{LC} + \frac{R}{LC\rho}\right] = \frac{e}{LC}\left[1 + \frac{kMp}{\rho}\right].$$

Posons :

$$\alpha = -\left[\frac{R}{L} + \frac{L + kM}{C\rho}\right],$$

$$\gamma = -3\left(\frac{L + kM}{L}\right)^3 \frac{\sigma}{C\rho},$$

$$e = E \sin \omega_1 t,$$

et négligeons $\frac{kMp}{\rho}$ devant l'unité (hypothèse valable avec une lampe à grande résistance interne. L'équation du problème s'écrit :

$$\frac{d^2v}{dt^2} - (\alpha - \gamma v^2)\,\frac{dv}{dt} + \omega^2 v = \omega^2 E \sin \omega_1 t. \qquad (1)$$

L'amplitude de l'oscillation *libre* (c'est-à-dire lorsque $E = 0$) a pour valeur $2\sqrt{\frac{\alpha}{\gamma}}$ et sa pulsation est très voisine de ω (au moins si le quotient $\frac{\alpha}{\omega}$ est très petit devant l'unité).

Phénomènes de synchronisation. — Ce phénomène sera représenté par une solution de l'équation (1) ne contenant que la pulsation ω_1 de l'onde externe, soit :

$$v = a \sin (\omega_1 t + \psi),$$

a et ψ étant des constantes.

Identifions les deux membres de l'équation 1, en remplaçant v par cette expression. Il vient, en négligeant les termes de pulsations autres que ω_1.

$$\omega_1 \delta \cos \psi + \alpha \left(1 - \frac{a^2}{a_0^2}\right) \sin \psi = \frac{E\omega}{\alpha},$$

$$- \alpha \left(1 - \frac{a^2}{a_0^2}\right) \cos \psi + \omega_1 \delta \sin \psi = 0, \qquad (2)$$

en posant $\delta = \frac{\omega^2 - \omega_1^2}{\omega_1^2} \ll 1$ et $a_0^2 = \frac{4\alpha}{\gamma}$ (a_0 est l'amplitude de l'oscillation libre). L'élimination de ψ entre les deux équations précédentes donne l'équation qui détermine l'amplitude a de l'oscillation dite synchrone ou contrainte. Cette équation est :

$$\alpha^2 \left(1 - \frac{a^2}{a_0^2}\right)^2 + \delta^2 \omega_1^2 - \frac{E^2 \omega^2}{a^2} = 0.$$

A chaque valeur de E, c'est-à-dire de l'énergie perturbatrice, correspond une courbe (a, δ) donnant l'amplitude a de l'oscillation synchrone en fonction du désaccord des deux oscillateurs. Il est commode, pour tracer ce réseau de courbes, d'utiliser les variables réduites suivantes :

$$x = \frac{\delta \omega_1}{\alpha} = \frac{2}{\alpha} (\omega - \omega_1),$$

$$y = \frac{a^2}{a_0^2} \quad \text{(carré de l'oscillation synchrone rapportée à l'oscillation libre).}$$

L'équation du réseau devient, en posant

$$\frac{E^2 \omega^2}{a_0^2 \alpha^2} = C :$$

$$x^2 + (1 - y)^2 = \frac{C}{y}. \qquad (3)$$

Quelques courbes de ce réseau sont représentées sur la figure 10.

Limites de la stabilité de l'oscillation synchrone. — L'oscillateur de pulsation ω étant synchronisé à la pulsation ω_1, faisons varier lentement ω_1 de façon à accroître la différence $|\omega - \omega_1|$: Pour une certaine valeur de ω_1, l'oscillateur recommence à osciller librement. On peut déterminer cette valeur de ω_1 par l'étude de la stabilité de l'amplitude a : la méthode consiste à chercher ce

que devient une petite perturbation rompant l'état d'équilibre.

On a calculé plus haut une valeur de a indépendante du temps qui satisfait à l'équation différentielle (1) en posant *a priori*

$$v = a \sin (\omega_1 t + \psi).$$

Si l'on ne suppose plus que a est constant, mais varie avec le temps (peu rapidement cependant devant l'oscillation de haute

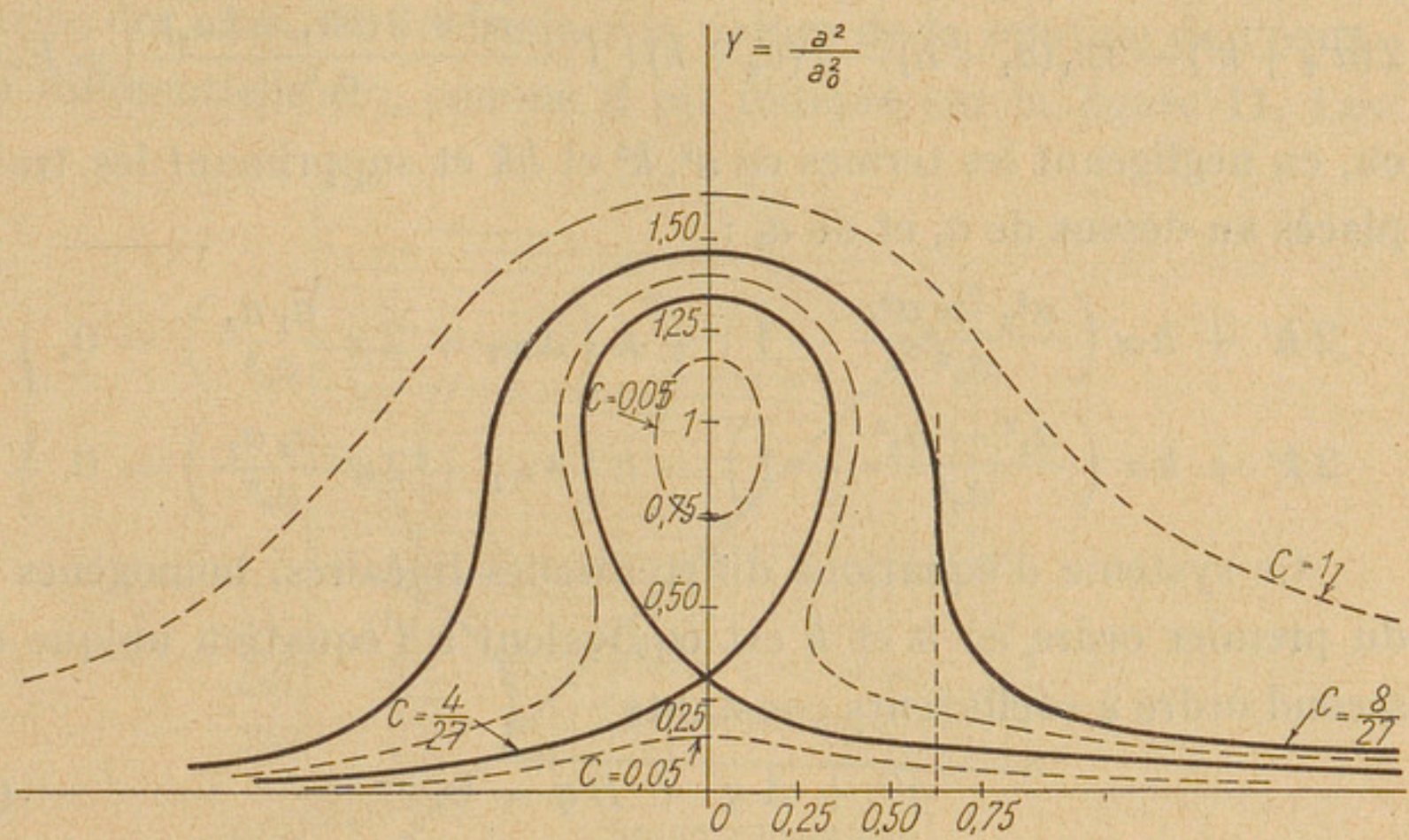


Fig. 10.

fréquence, de façon à pouvoir négliger a'' devant $a\omega^2$), il est plus commode pour la suite des calculs de poser *a priori*

$$v = a_1 \sin \omega_1 t + a_2 \cos \omega_1 t,$$

avec

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2.$$

Formons les quantités v', v'', $v^2 v'$, et portons leurs valeurs dans l'équation (1) ; en négligeant les pulsations autres que ω_1 et en identifiant, il vient, pour définir a_1 et a_2, le système d'équations différentielles suivant :

$$\left.\begin{aligned} 2a'_1 + \delta\omega_1 a_2 - \alpha\left(1 - \frac{a^2}{a_0^2}\right) a_1 &= 0, \\ 2a'_2 - \delta\omega_1 a_1 - \alpha\left(1 - \frac{a^2}{a_0^2}\right) a_2 &= E\omega. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Soit $\bar{a}_1$, $\bar{a}_2$ un groupe de valeurs des coefficients a_1 et a_2 satisfaisant au système précédent. Si ces valeurs subissent une légère

variation et deviennent $\overline{a}_1 + h$ et $\overline{a}_2 + k$, l'étude des variations de h et de k en fonction du temps permettra de déterminer les zones de stabilité : ce seront celles pour lesquelles h et k tendent vers zéro avec le temps.

Le système (4) donne :

$$\left.\begin{aligned} &2(\overline{a}'_1+h')+\delta\omega_1(\overline{a}_2+k)-\alpha(\overline{a}_1+h)\left(1-\frac{\overline{a}^2+2(h\overline{a}_1+k\overline{a}_2)}{a_0^2}\right)=0,\\ &2(\overline{a}'_2+k')-\delta\omega_1(\overline{a}_1+h)-\alpha(\overline{a}_2+k)\left(1-\frac{\overline{a}^2+2(h\overline{a}_1+k\overline{a}_2)}{a_0^2}\right)=E\omega,\end{aligned}\right\}$$

ou, en négligeant les termes en h^2, k^2 et hk et supprimant les traits placés au-dessus de a_1 et de a_2 :

$$\left.\begin{aligned} &2h' + h\alpha\left(\frac{a^2_2 - a^2_1}{a_0^2} - 1\right) + k\left(\delta\omega_1 + 2\alpha\frac{a_1 a_2}{a_0^2}\right) = 0,\\ &2k' + k\alpha\left(\frac{a_1^2 - a_2^2}{a_0^2} - 1\right) - h\left(\delta\omega_1 + 2\alpha\frac{a_1 a_2}{a_0^2}\right) = 0.\end{aligned}\right\}$$

Ce système d'équations différentielles linéaires, homogènes et du premier ordre en h et k est équivalent à l'équation unique du second ordre à coefficients constants :

$$q'' + A q' + B q = 0, \tag{5}$$

avec : $$A = \alpha\left(2\frac{a^2}{a_0^2} - 1\right)$$

et : $$B = \frac{\alpha^2}{4a_0^4}\left[3a^4 - 4a_0^2 a^2 + a_0^4\left(1 + \frac{\delta\omega^2}{\alpha^2}\right)\right].$$

Les racines de l'équation caractéristique $\rho^2 + A\rho + B = 0$ sont réelles si l'on a :

$$A^2 - 4B > 0,$$

condition qui, tous calculs effectués, devient

$$\frac{a^2}{a_0^2} > \frac{\delta\omega_1}{\alpha}.$$

En reprenant les variables réduites déjà utilisées : $x = \dfrac{\delta\omega_1}{\alpha}$ et $y = \dfrac{a^2}{a_0^2}$, cette condition s'écrit :

$$y > x;$$

a bissectrice des axes sépare la zone des solutions apériodiques de celle des solutions pseudo-périodiques.

D'autre part, la classification des racines, s'obtient en traçant les courbes d'équation $A = 0$ et $B = 0$, soit, avec les variables réduites :

$$y = \frac{1}{2},$$

$$(1 - 3y)(1 - y) + x^2 = 0.$$

Ces deux courbes (droite et ellipse) permettent avec la bissectrice des axes, de déterminer la nature de la solution de l'équation différentielle (5), comme il est indiqué sur la figure 11. Les

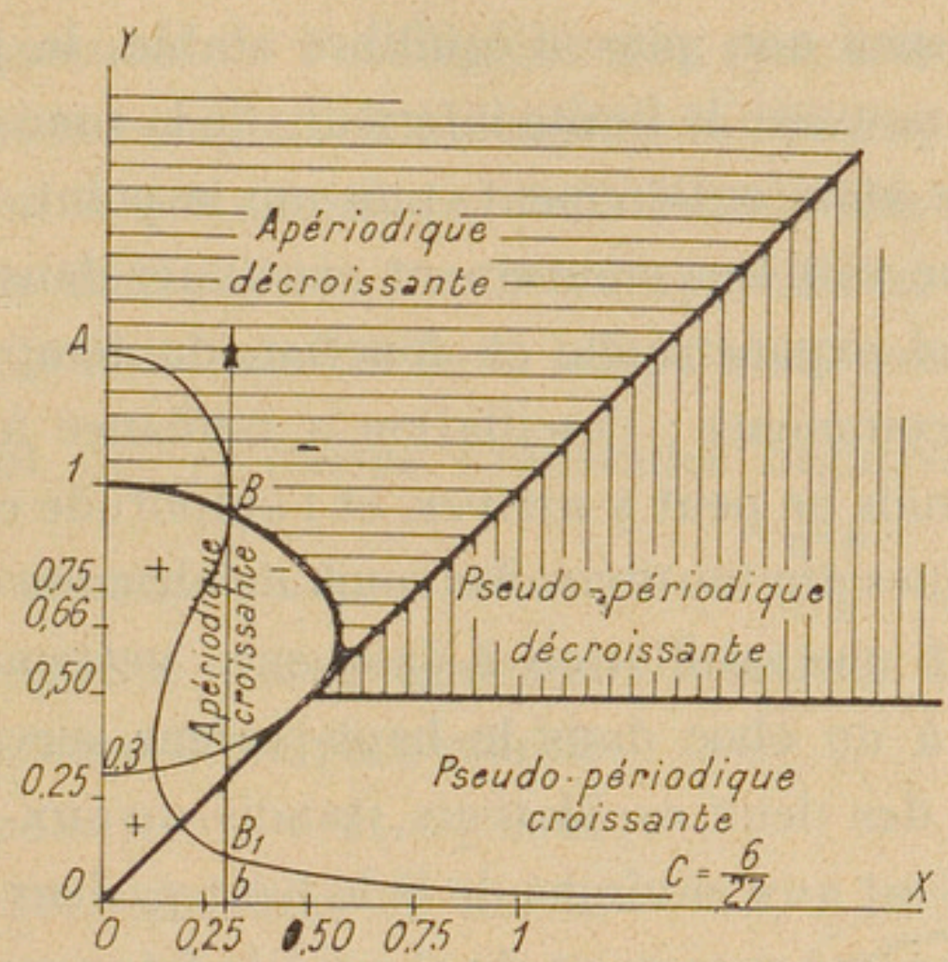


Fig. 11.

zones ombrées sont celles dans lesquelles le régime d'oscillation contrainte est stable ; l'écart $\omega - \omega_1$ allant en croissant à partir de zéro, le point figuratif de l'état du système décrit l'une des courbes du réseau de la figure 9 : tant que ce point reste dans la zone ombrée, l'oscillateur n'est le siège que d'une oscillation forcée, d'amplitude constante dans le temps : l'oscillation libre ne peut exister.

Désynchronisation de l'oscillateur. — Si l'on fait croître à partir de zéro l'écart des pulsations ω et ω_1 en faisant varier la fréquence de l'oscillateur externe, le point représentatif de la tension aux bornes du condensateur part de A (fig. 11) et décrit l'arc de courbe descendant AB ; l'oscillateur local sera synchronisé jusqu'au

point de rencontre B de l'arc de courbe et de l'ellipse précédente. En ce point, la courbe AB admet une tangente verticale (l'ellipse est le lieu des points des courbes du réseau en lesquels la tangente est verticale). Si l'écart des fréquences augmente légèrement à partir de la valeur x_0 correspondant au point B, l'oscillation contrainte n'est plus stable et le point qui la représente se déplace brusquement vers B_1 sur la droite B*b* : il s'écarte de B suivant une loi exponentielle en fonction du temps et parvient dans la zone marquée « pseudo-périodique croissante ». Mais, comme cette zone ne représente pas non plus d'équilibre stable, le point figuratif va franchir de nouveau la limite inférieure de la zone exponentielle : il la retraverse alors entièrement, puisque le point, une fois entré dans cette zone voit son mouvement continuer dans le même sens suivant une loi exponentielle en fonction du temps, et le même phénomène recommence ; l'oscillation a tendance à s'établir à la pulsation ω_1, mais ne peut y arriver, et l'amplitude correspondante subit de brusques diminutions. Au cours de chacune de ces diminutions, apparaît une oscillation à fréquence nettement différente, donnant lieu à un choc dans le haut-parleur servant à l'écoute de l'ensemble des deux oscillateurs, tandis qu'aux instants où le point figuratif est aux environs de B le haut-parleur est silencieux. On entend donc une succession de chocs à la fréquence de ce phénomène, fréquence que l'on peut amener sans difficulté à 1 par seconde au voisinage de la stabilité et dans le cas d'une tension perturbatrice qui n'est pas trop grande. Si l'on augmente le désaccord, c'est-à-dire si l'on s'écarte de plus en plus de la stabilité, l'amplitude de l'oscillation synchrone se maintient de moins en moins longtemps à sa valeur maximum, et la fréquence du phénomène augmente ; la succession des chocs au haut-parleur devient plus rapide et produit un roulement, qui n'a aucun rapport avec le son classique de battement ; le nombre de ces chocs par seconde dépend uniquement du temps pendant lequel l'amplitude de l'oscillation synchrone se maintient aux environs du maximum. Lorsque ce son roulé se produit dans le haut-parleur, l'aiguille d'un milliampèremètre placé en série avec lui vibre à la fréquence de ce roulement, et cette vibration est visible si sa fréquence n'est pas trop élevée ; pour les

chocs suffisamment espacés, l'aiguille accuse de violentes impulsions ; mais les aiguilles des appareils de mesure insérés dans le circuit de plaque et dans le circuit de grille de l'oscillateur restent immobiles ou accusent des déplacements extrêmement faibles, l'énergie débitée par la lampe à la pulsation ω_1 et à une pulsation peu différente étant pratiquement égales.

III. Etude physique.

Fonctionnement de l'oscillateur non synchronisé. — L'équation différentielle complète dont dépend la tension aux bornes du circuit oscillant a été simplifiée, dans l'étude analytique du problème, à l'aide d'un certain nombre d'hypothèses. En particulier, l'influence de la non-linéarité de la lampe a été concentrée dans le seul coefficient de $\frac{dv}{dt}$ (terme « résistance négative »), alors que, dans l'équation complète, les coefficients de $\frac{d^2v}{dt^2}$ ou de v (termes « self » ou « capacité ») sont également fonctions de la tension v. Cette simplification n'est plus valable lorsque les pulsations ω et ω_1 sont assez différentes, car dans ce cas la lampe ne joue pas le rôle d'une *résistance pure* fonction de v, mais bien d'une *impédance* fonction de v.

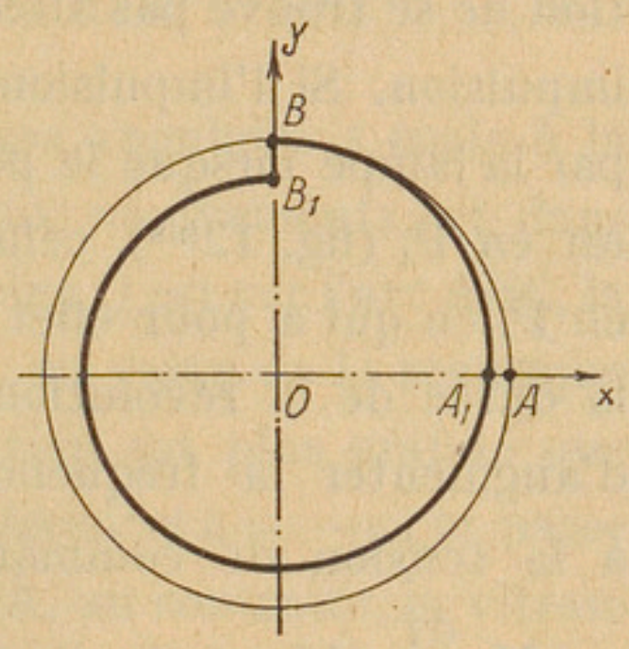


Fig. 12.

Le fait essentiel du fonctionnement de l'oscillateur dans ces conditions est qu'il n'oscille pas à sa pulsation *libre* ω (pulsation lorsqu'il n'est pas perturbé), mais oscille à une pulsation ω' intermédiaire entre ω et ω_1, et d'autant plus voisine de ω_1 que la perturbation extérieure est plus forte : la pulsation semble attirée vers ω_1. Ce phénomène semble provenir de la variation de phase que subit la tension de grille lorsqu'elle se trouve soumise, en plus de la tension d'entretien, à la tension perturbatrice de fréquence voisine ; la fréquence d'un auto-oscillateur dépend, en effet, de la phase de la tension de commande par rap-

port à la tension d'oscillation ; nous montrerons cet effet en supposant que l'entretien a lieu par chocs et non d'une façon continue, c'est-à-dire en supposant la grille de l'oscillateur suffisamment polarisée.

Portons, suivant l'axe OX (fig. 12), la valeur du courant i dans la self du circuit oscillant, et suivant l'axe OY la valeur de $\frac{di}{dt}$. S'il n'y avait pas d'amortissement, le point figuratif de l'ensemble $\left(i, \frac{di}{dt}\right)$ à chaque instant décrirait le cercle de rayon OA. Comme il y a amortissement, le point figuratif décrit la spirale BA_1B_1. Supposons que l'entretien soit produit par une impulsion donnée par la lampe à la tension aux bornes du circuit oscillant à l'instant où le point figuratif est en B_1 (entretien exactement en quadrature avec i) : le point B_1 remonte jusqu'au point B, mais la durée d'une révolution ne se trouve pas altérée par cette impulsion. Si l'impulsion est donnée par la lampe lorsque le point figuratif est en P_1 (fig. 12bis), celui-ci remonte en P, ce qui a pour effet de diminuer la durée de la révolution c'est-à-dire d'augmenter la fréquence. Si donc, à la tension de commande normale $-M\frac{di}{dt}$ $(M < 0)$ d'un oscillateur, se trouve superposée une autre tension telle que la résultante des deux soit maximum un peu avant $-M\frac{di}{dt}$, la fréquence de l'oscillateur augmente. Des résultats inverses sont obtenus dans le cas d'un retard sur $-M\frac{di}{dt}$ (fig. 12ter). On voit donc qu'*une avance de phase de la tension de grille produit une augmentation de la fréquence de l'oscillation ; inversement, un retard de phase de*

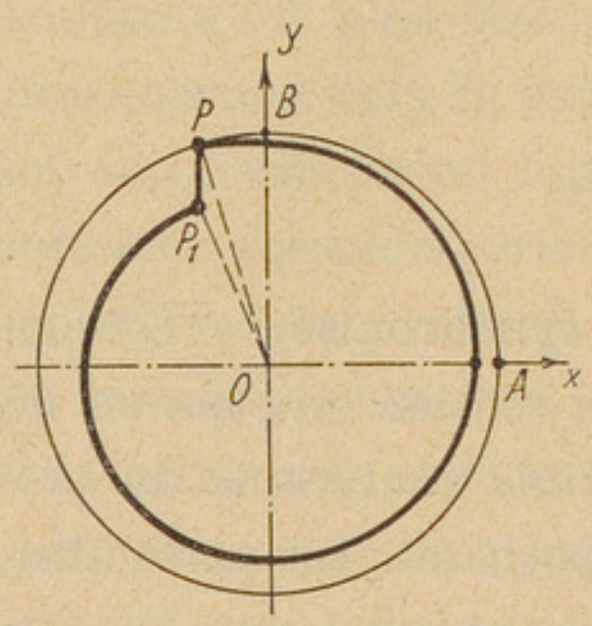


Fig. 12 *bis.*

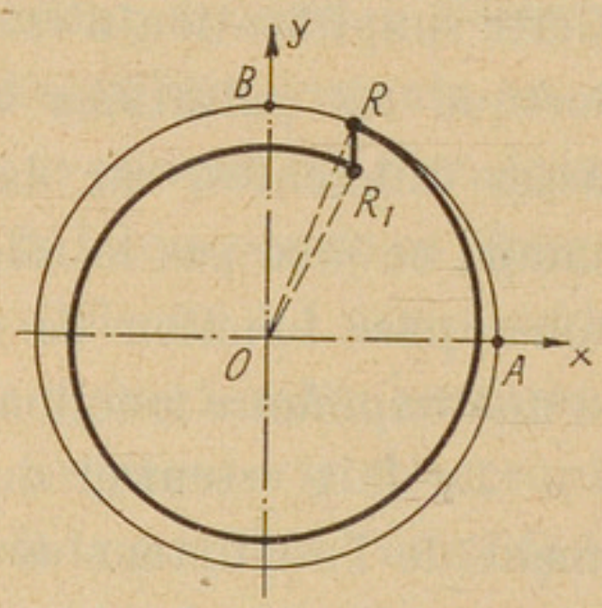


Fig. 12 *ter.*

la tension de grille produit une diminution de la fréquence de l'oscillation.

Soient alors OP (fig. 13), le vecteur représentant la tension produite sur la grille par l'oscillation locale et PQ le vecteur représentant la tension de grille produite par la force électromotrice extérieure, de pulsation ω_1. PQ est, à très peu près, ce que serait la tension de grille due à la perturbation si la lampe était éteinte, car, lorsque la lampe fonctionne en régime permanent d'auto-oscillation, son coefficient d'amplification se trouve réduit à une faible valeur. Supposons OP fixe (représentation stroboscopique du phénomène) : le vecteur PQ, que nous supposons plus petit que OP,

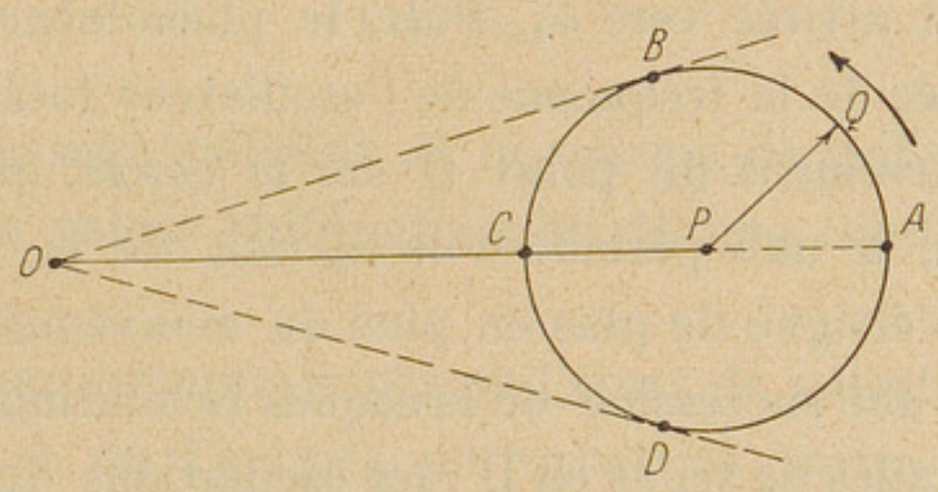


Fig. 13.

tourne autour du point P avec une vitesse angulaire δ égale à la différence des vitesses angulaires des deux mouvements, et dans le sens de la flèche si $\omega_1 > \omega$. Lorsque le point Q est sur l'arc ABC, la tension de grille est en avance sur OP et, en vertu de la remarque précédente, la pulsation de l'auto-oscillation est plus grande que ω : la vitesse angulaire δ du point Q est inférieure à $\omega - \omega_1$ et passe par un minimum au point B. Sur l'arc CDA, au contraire, la vitesse angulaire δ est supérieure à $\omega - \omega_1$ et passe par un maximum au point D, voisin de $2(\omega_1 - \omega)$. On observera donc une oscillation de pulsation ω' supérieure à ω, relative à une petite plage s'étendant de part et d'autre de B ; cette pulsation, n'étant pas d'ailleurs constante à l'intérieur de cette plage, produit, à l'écoute au contrôleur, un accord tout à fait imprécis, qui peut même devenir extrêmement vague, comme il a été constaté dans l'étude expérimentale.

Si l'on suppose, au contraire, $\omega_1 < \omega$, le point Q se déplace en sens opposé sur le cercle, et le même raisonnement montre que la

fréquence moyenne observée est inférieure à ω. Dans tous les cas, la fréquence de l'oscillateur semble *attirée* vers la fréquence perturbatrice.

Le fonctionnement de l'oscillateur est alors le suivant : tant que la pulsation perturbatrice ω_1 est très différente de ω, cette différence pouvant être d'autant moins grande que l'amplitude de la perturbation est plus faible, l'oscillateur fonctionne à la pulsation ω ; la détection des deux oscillations produit, dans un haut-parleur, un son de battements, de hauteur $\left|\frac{\omega - \omega_1}{2\pi}\right|$. A mesure que ω_1 se rapproche de ω, ce son de battements baisse de hauteur plus vite que ne l'indique une loi linéaire, puisque la fréquence de l'oscillateur est attirée vers ω_1. Puis, le phénomène de la variation instantanée de la fréquence de l'oscillateur local devient plus accusé ; le mouvement du point Q sur le cercle, qui donne lieu, à chaque tour, à une période d'oscillation de la membrane du haut-parleur, s'éloigne de plus en plus du mouvement uniforme et devient même une succession de brusques révolutions séparées par de longs intervalles de repos en B ; les oscillations de la membrane du haut-parleur, qui, lorsqu'elles étaient continues, s'ajoutaient pour donner un son à peu près sinusoïdal, deviennent ainsi peu à peu une série d'impulsions brusques sans aucun caractère musical. Enfin, à partir d'une certaine valeur de l'écart $|\omega - \omega_1|$, le point Q n'effectue plus aucune révolution comme on le verra au paragraphe suivant, et le haut-parleur ne rend plus aucun son.

Mécanisme probable de la synchronisation. — Supposons $\omega_1 > \omega$, hypothèse que nous conserverons dans tout ce qui suit. Si le rayon vecteur OQ (fig. 14) fait avec OP un angle suffisant φ_M, la vitesse angulaire $\delta = \omega_1 - \omega'$ du point Q sur le cercle s'annule. Soient Q_1 et Q_2 les points limites correspondants : il y aura synchronisation si l'un de ces points représente un équilibre stable. Montrons que, seul, le point Q_1 satisfait à cette condition.

Si Q se déplace à gauche de Q_1, l'oscillateur fonctionne à une pulsation supérieure à ω_1, ce qui entraîne un mouvement de Q vers Q_1 puisque la vitesse angulaire $\omega_1 - \omega'$ est négative. Inversement, si Q se déplace à droite de Q_1, l'oscillateur fonctionne à une

pulsation inférieure à ω_1, ce qui ramène le point Q vers Q_1. Donc Q_1 représente un équilibre *stable*. On verrait de même que Q_2 représente un équilibre *instable*. Les mêmes conclusions subsistent si $\omega_1 < \omega$, l'angle φ_M étant, cette fois, négatif.

La possibilité de synchronisation résulte donc de la possi-

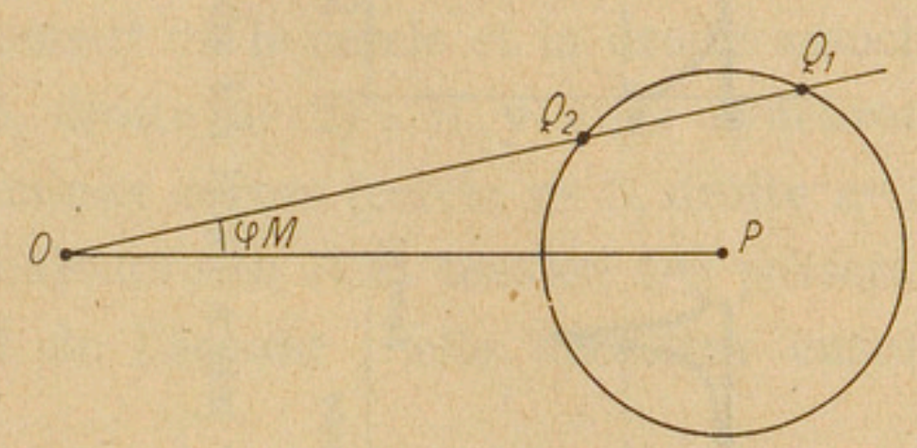


Fig. 14.

bilité d'un déphasage suffisant de la tension de grille, c'est-à-dire d'un angle φ de valeur suffisante, c'est là une condition facile à remplir.

Etudions, par exemple, le cas où l'écart de pulsations $|\omega - \omega_1|$ reste constant et où l'énergie perturbatrice varie, et montrons

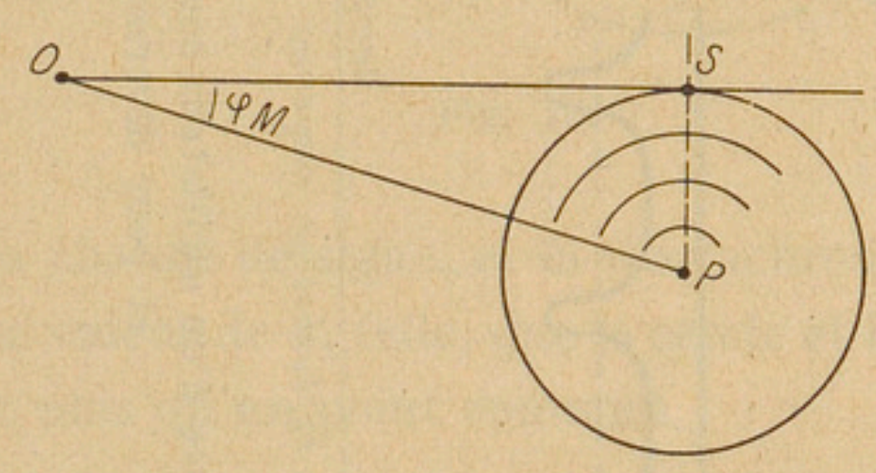


Fig. 15.

qu'une énergie perturbatrice suffisante finira toujours par synchroniser l'oscillateur. Dans ce cas, le déphasage φ_M de la tension de grille de l'oscillateur, qui fait passer sa pulsation de la valeur ω à la valeur ω_1, est constant ; il est représenté par l'angle POS de la figure 15 : il y aura synchronisation dès que l'amplitude de la perturbation aura atteint la valeur PS. La figure 15bis montre les variations de la fréquence de l'oscillateur.

Supposons maintenant que la pulsation ω_1 varie en se rapprochant de ω ; les rayons des différents cercles de centre P

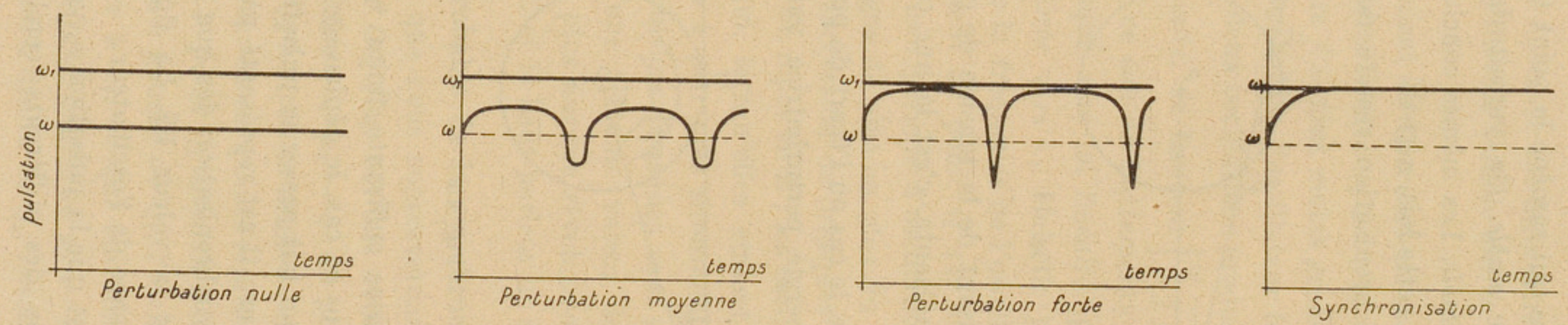


Fig. 15bis. — Variations de la fréquence d'un oscillateur couplé à un second oscillateur mis à l'abri des réactions du premier et pour diverses valeurs du couplage.

(fig. 16) croissent peu à peu comme les ordonnées de la courbe de résonance de la force électromotrice E (supposée constante) dans le circuit oscillant. Les différentes droites OS formant avec OP le déphasage φ_M de la tension de grille, réalisant une oscillation de pulsation ω_1, vont au contraire en se rapprochant de OP. Il arrivera donc un moment où le cercle et la droite associés seront tangents (cercle n° 2, droite n° 2) : il y aura synchronisation. Si l'écart $|\omega - \omega_1|$ diminue encore (cercle n° 3, droite n° 3), la synchronisation aura toujours lieu et la tension OQ passera par un maximum au moment de l'accord : elle décroîtra ensuite lorsque l'écart

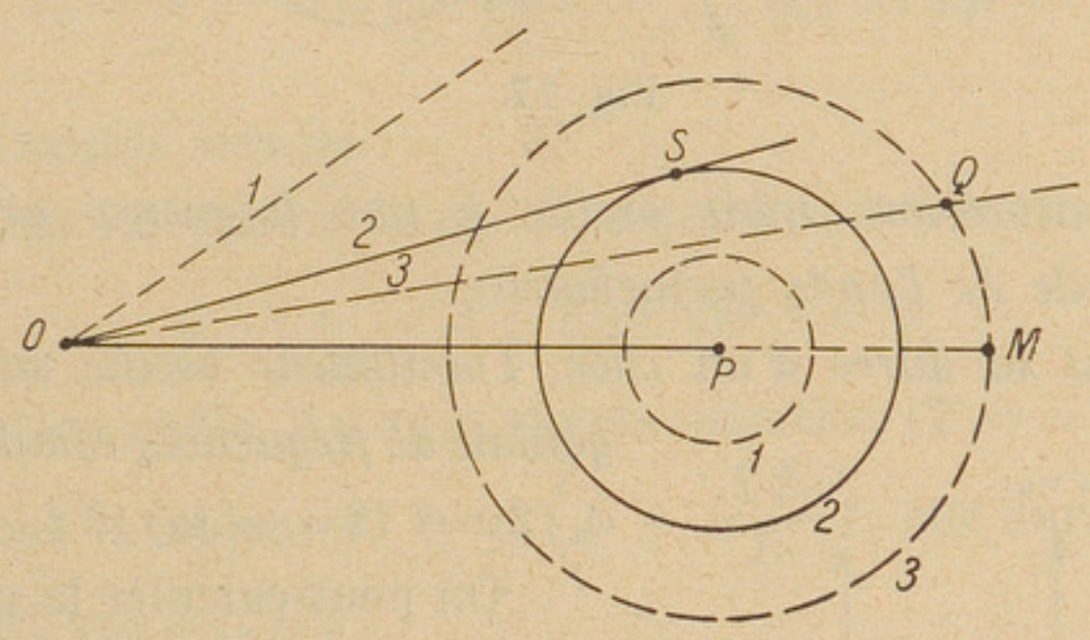


Fig. 16.

$|\omega - \omega_1|$ aura changé de signe, et la désynchronisation se produira à partir d'une valeur de ω_1 telle, que le cercle et la droite correspondants n'aient plus qu'un point commun.

Mécanisme probable de la désynchronisation. — La désynchronisation se produit dès que la droite et le cercle associés n'ont plus de point commun : cela peut se produire soit par insuffisance de l'énergie perturbatrice, soit par valeur trop élevée de l'écart $|\omega - \omega_1|$. Le point Q n'a plus alors de position d'équilibre et tourne constamment sur le cercle (fig. 17) ; mais, si l'on n'est pas trop éloigné des conditions de synchronisation, sa vitesse sera extrêmement faible au voisinage S de la droite D ; l'oscillateur oscillera sur une fréquence extrêmement voisine de ω_1, et cela pendant une durée importante de la période du phénomène, représentée par la durée d'une révolution du point Q, puisque la vitesse de Q

sur le reste du cercle a une valeur importante ; on retrouve ainsi les résultats de l'étude expérimentale, complétés par les deux faits suivants :

1° *Entre deux chocs entendus dans le haut-parleur, l'oscillateur*

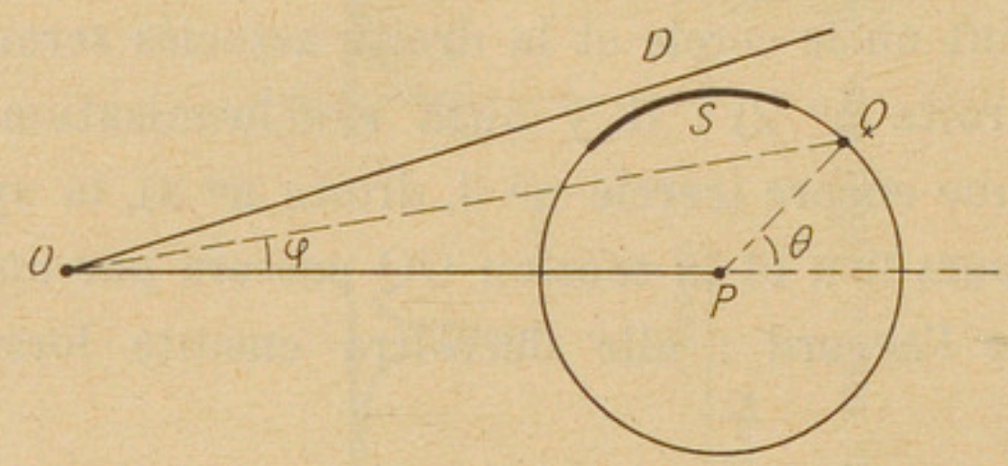


Fig. 17.

n'est pas synchronisé, mais oscille à une fréquence extrêmement voisine de celle de l'onde perturbatrice ;

2° *Pendant la durée d'un choc, l'oscillateur oscille sur toute la gamme de fréquences comprises entre* $\omega_1/2\pi$ *et* $(2\omega - \omega_1)/2\pi$.

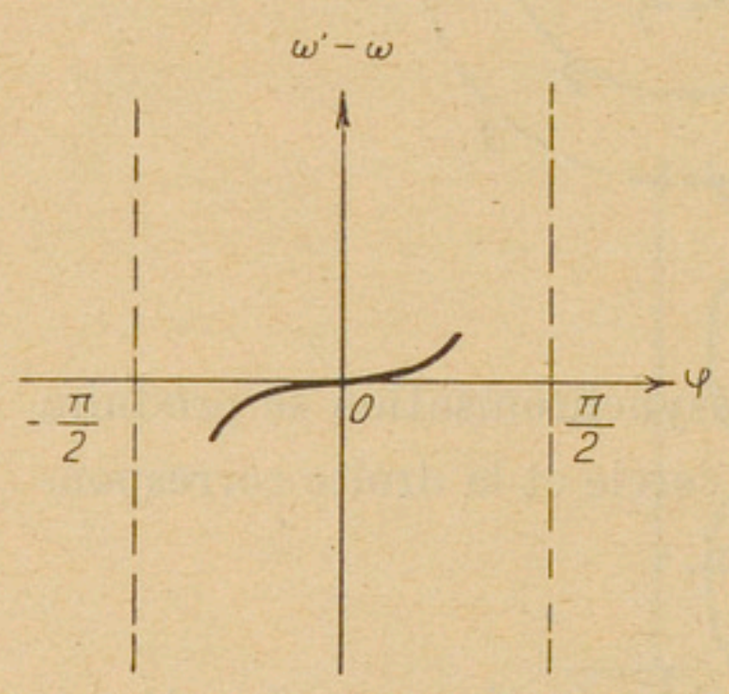


Fig. 18.

On peut calculer la période du phénomène, c'est-à-dire la hauteur du son que l'on entend dans le haut-parleur. C'est

$$T = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\omega_1 - \omega'},$$

ω' étant la pulsation instantanée de l'oscillation.

Supposons l'oscillateur tel, que la variation de pulsation $\omega' - \omega$ qu'il subit sous l'action d'un déphasage φ de la tension de grille soit définie par :

$$\omega' - \omega = A\,\omega \operatorname{tg} \varphi$$

(fig. 18). (1). Dans ce cas, la période du son de relaxation est :

$$T = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\omega_1 - \omega\,(1 + A \operatorname{tg} \varphi)}\Big).$$

1. Cette relation a été choisie de façon à représenter à peu près les résultats exposés dans l'étude de la variation de la fréquence en fonction de l'avance ou du retard de la tension d'entretien.

Or l'angle φ et l'angle θ sont liés par la relation (fig. 17).

$$E \sin(\theta - \varphi) = L \sin \varphi$$

(E = force électromotrice extérieure PQ et L = force électromotrice locale libre OP),

d'où : $$T = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\omega_1 - \omega\left(1 + \frac{A E \sin\theta}{L + E\cos\theta}\right)}$$

et, si nous supposons E petit devant L :

$$T = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\omega_1 - \omega - A\,\omega\,\frac{E}{L}\sin\theta} = \frac{2\pi}{\sqrt{(\omega_1 - \omega)^2 - A^2\,\omega^2\,\frac{E^2}{L^2}}}.$$

Cette formule montre :

1° que, pour les valeurs de ω_1 telles que l'équation en θ

$$\omega_1 - \omega - A\,\omega\,E/L \sin\theta = 0$$

ait une solution réelle, il y aura synchronisation ($T = \infty$) ; elle commencera pour la valeur $\omega_1 = \omega\left(1 + \frac{A E}{L}\right)$; elle aura donc lieu quelque petit que soit E ;

2° que la période du phénomène est supérieure à la période du son de battements indiquée par la théorie ordinaire et qui vaut :

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\omega_1 - \omega} = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega}.$$

Si maintenant nous supposons que les conditions de fonctionnement de l'oscillateur sont assez éloignées des conditions de synchronisation, on voit que les phénomènes précédents disparaissent, le point Q décrivant, avec des vitesses angulaires pratiquement constantes, des cercles de rayons de plus en plus petits. L'oscillateur oscille à sa fréquence libre ω et la théorie classique reprend toute sa valeur.

Cas d'une force électromotrice perturbatrice d'amplitude égale ou supérieure à celle de la force électromotrice d'auto-oscillation : accrochage d'un oscillateur perturbé. — Dans ce cas, le point O est intérieur au cercle de rayon PQ ; la droite OS définie

plus haut (fig. 15), passant par le point O, coupera toujours ce cercle en deux points Q_1 et Q_2 (fig. 19), dont Q_1 seul représente un équilibre stable. Si la phase de la perturbation est telle, qu'au moment où elle commence à agir sur l'oscillateur le vecteur PQ est extérieur à l'angle Q_1PQ_2 (arc Q_1MQ_2), le vecteur OQ représentant la tension de l'oscillateur perturbé se déplacera vers OQ_1 dans le sens de la flèche f et se fixera à cette dernière position. Si, au contraire, la tension perturbatrice est représentée, au moment où elle commence à agir, par le vecteur PQ' intérieur à l'angle Q_1PQ_2 (arc Q_1NQ_2), le vecteur OQ' représentant la tension de l'oscillateur perturbé se déplacera vers OQ_1 dans le sens de la flèche f', où il se fixera.

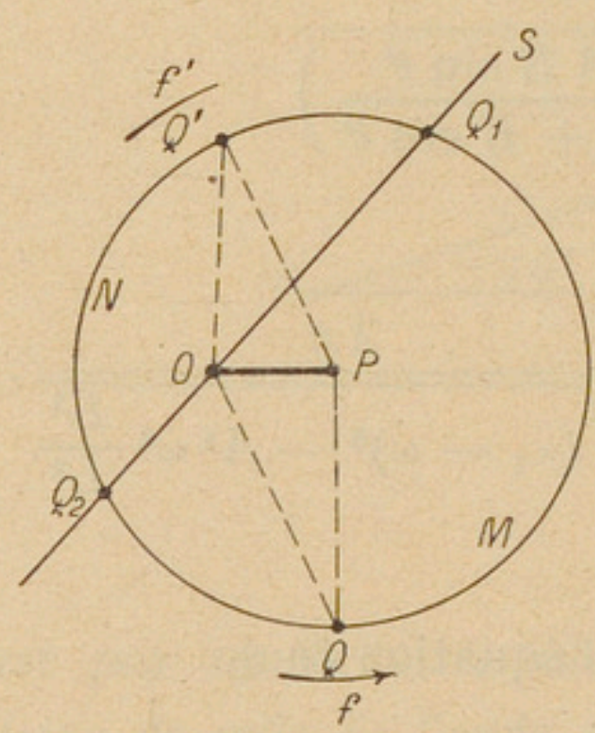


Fig. 19.

Ce qui précède permet de se rendre compte du mécanisme de l'accrochage d'une auto-oscillation lorsque, la lampe étant éteinte, une force électromotrice perturbatrice agit déjà sur le circuit oscil-

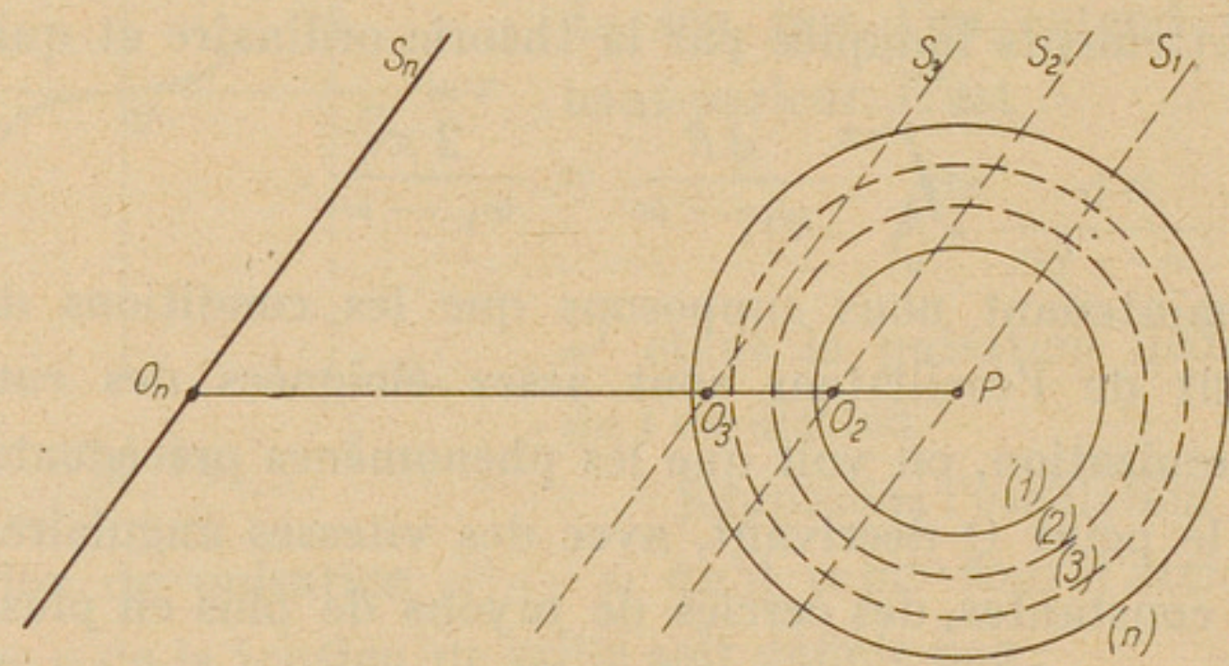


Fig. 20.

lant. Dans ce cas, le vecteur initial PQ est très grand par rapport à OP. Mais, au cours de la période transitoire de l'accrochage, le vecteur OP augmente rapidement, et le point O se déplace vers la gauche (fig. 20), entraînant la droite OS, qui reste parallèle à elle-même ; le cercle initial se dilate, lui aussi, par suite de l'ampli-

fication de la perturbation. Si le vecteur OP devient suffisamment grand pour que la droite OS ne coupe plus le cercle (droite $O_n S_n$, cercle n), il y aura accrochage de l'oscillateur ; cela se produira si le coefficient d'amplification initial de la lampe est assez grand pour permettre la croissance du vecteur OP, c'est-à-dire *si la valeur initiale de la force électromotrice perturbatrice n'est pas trop élevée*, et si la droite OS n'est pas trop inclinée sur OP, c'est-à-dire *si l'écart des pulsations ω et ω_1 n'est pas trop faible.*

Amplitude et phase de l'oscillation synchrone. — On peut, à l'aide de la figure 16, suivre à la fois en amplitude et en phase les variations de la tension oscillante lorsqu'on fait varier la fréquence externe ω_1. Cette tension diminue d'abord de la valeur OP jusqu'à la valeur OS, à laquelle commence la synchronisation. A partir de cet instant, elle augmente jusqu'à son maximum OM, atteint pour $\omega_1 = \omega$, et diminue ensuite en suivant des variations analogues : on retrouve les résultats indiqués sur la figure 2 de l'étude expérimentale (tension aux bornes du circuit oscillant). On voit de plus qu'au début de la synchronisation la tension de grille due à l'oscillateur est en quadrature arrière avec celle due à la force électromotrice perturbatrice ; ce déphasage va en diminuant à mesure que ω_1 se rapproche de ω, et s'annule à l'accord. Il réapparaît ensuite en sens inverse, et la synchronisation cesse quand sa valeur absolue devient égale à $\frac{\pi}{2}$.

Analogie mécanique des phénomènes précédents. — Les phénomènes précédents de synchronisation et de désynchronisation entre oscillations de haute fréquence pourraient être reproduits en basse fréquence à l'aide d'un diapason entretenu et inscrits directement sur un tambour enregistreur (fig. 21).

La branche A du diapason produit, par sa vibration devant un électro-aimant, des variations à la même fréquence de la tension de grille de la lampe L ; cette lampe débite alors de l'énergie à cette fréquence, qui est renvoyée, comme l'indique la figure, dans un second électro-aimant voisin de la branche B, d'où l'entretien des oscillations.

Supposons que la branche A, dont l'extrémité est munie d'un petit balai frottant sur un secteur S, soit parcourue par un courant continu i donné par une pile P, et que, de plus, cette branche A soit placée dans un champ alternatif, perpendiculaire au plan de la figure, de pulsation ω_1 peu différente de la pulsation propre ω du diapason.

La lampe étant éteinte et les constantes mécaniques du dia-

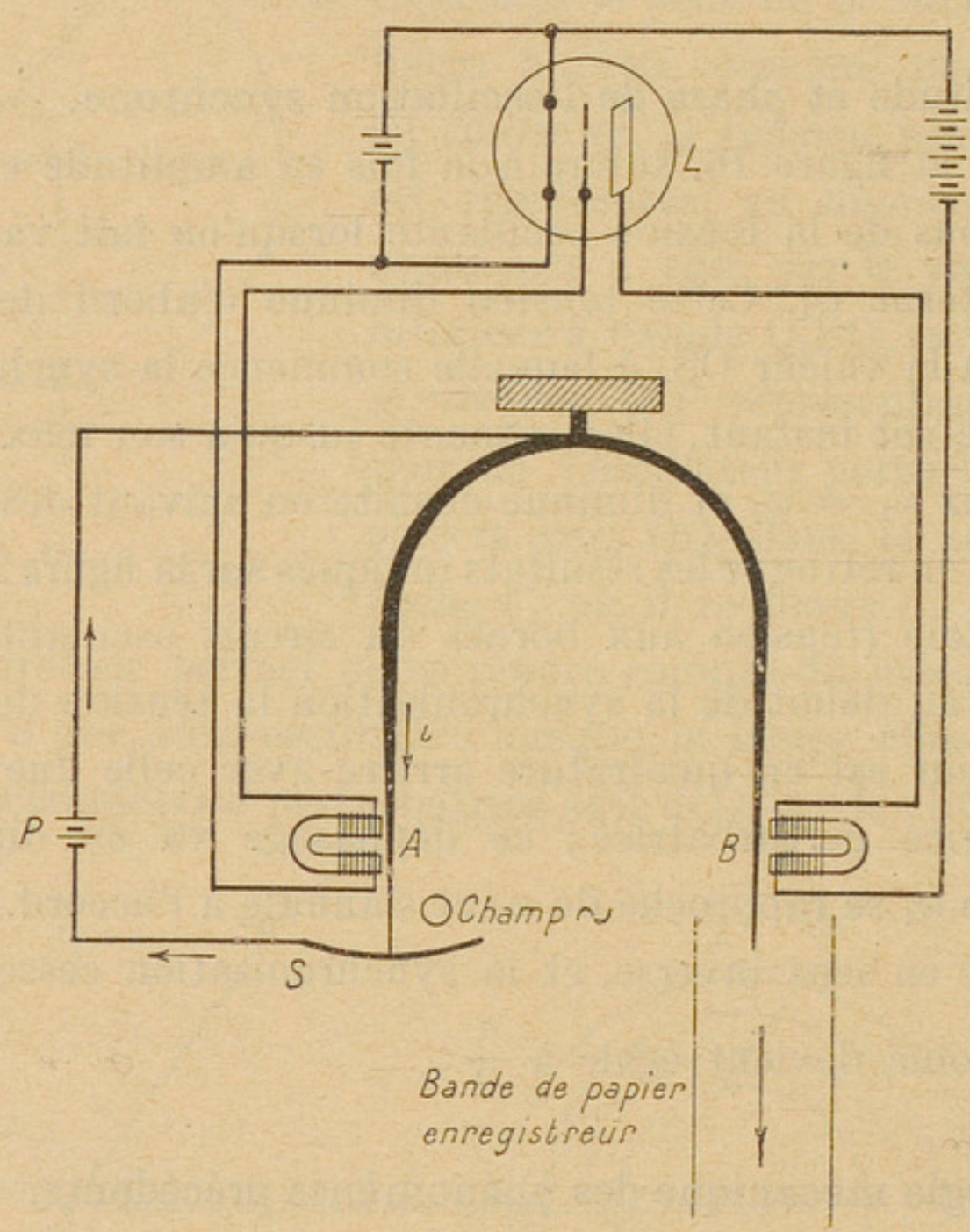


Fig. 21.

pason étant convenables, le diapason va être le siège d'oscillations forcées à la pulsation ω ; allumons la lampe : la tension de grille va osciller à la pulsation ω_1 et, si le champ extérieur et le courant i sont assez grands, l'énergie débitée par la lampe va contribuer à entretenir le diapason sur cette pulsation ω_1 ; c'est le cas de la synchronisation. Mais, si le champ et l'intensité sont assez petits, ou si $|\omega_1 - \omega|$ dépasse une certaine valeur, la désynchronisation se produit et les phénomènes précédemment décrits en haute fré-

quence doivent se reproduire en basse fréquence, faciles à inscrire sur un tambour enregistreur.

IV. Conclusions.

1° Une source d'énergie oscillante E synchronise toujours une autre source L qui lui est couplée et qui ne réagit pas sur elle : il suffit de rendre assez faible la différence de leurs fréquences ou assez grande la force électromotrice perturbatrice induite par la source E dans la source locale. Ces résultats s'étendent à la synchronisation des pendules et des diapasons, à la commande forcée des horloges, à l'entretien à distance d'un mouvement rigoureusement synchrone d'un mouvement local, etc...

Si la pulsation ω_1 de la force électromotrice perturbatrice

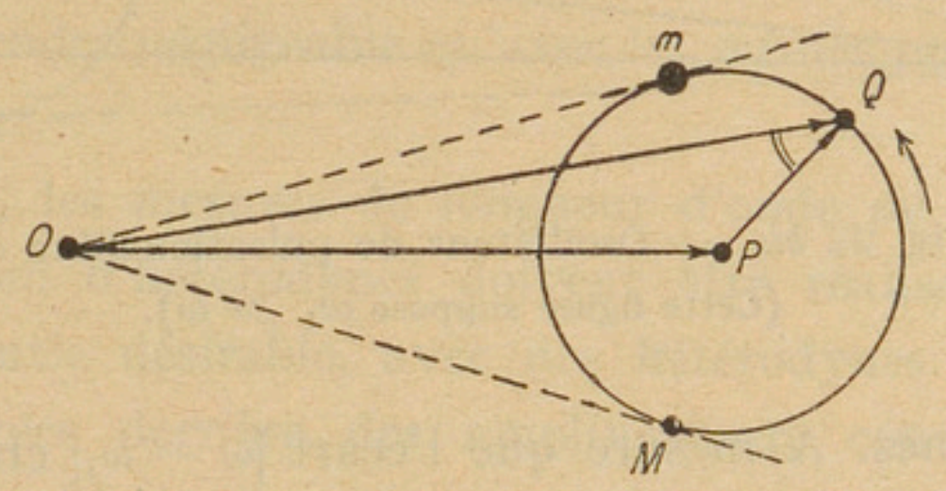


Fig. 22. — Oscillateur de pulsation libre ω.
(Cette figure suppose $\omega_1 > \omega$)

varie, la synchronisation de l'oscillateur L aura lieu sur la pulsation ω_1 dès que l'écart $|\omega - \omega_1|$ deviendra inférieur à une certaine limite p, d'autant plus grande que la force électromotrice perturbatrice est plus élevée, et qui ne s'annulera qu'avec cette dernière ; $2\,p$ définit la largeur de la plage de synchronisation dans le cas de faibles perturbations ; dans le cas de perturbations importantes, les deux demi-plages de part et d'autre de ω ont des largeurs différentes. Lorsque $\omega = \omega_1$, l'oscillation synchrone est en phase avec l'oscillation extérieure et sa stabilité est maximum. Aux frontières de cette plage, l'oscillation synchrone est en quadrature avec l'oscillation extérieure.

2° Dès que les conditions de synchronisation cessent d'être

remplies, l'oscillateur perturbé est loin de recommencer à fonctionner comme s'il était libre. En supposant que la pulsation ω_1 de l'onde extérieure s'écarte peu à peu de la pulsation ω de l'oscillateur local (ω est la pulsation de l'oscillateur local supposé libre, c'est-à-dire soustrait à toute influence extérieure), ou encore en supposant que la force électromotrice perturbatrice diminue d'amplitude à pulsation constante, on constate les phénomènes suivants :

Dès que cesse la synchronisation, l'oscillateur local est d'abord le siège d'auto-oscillations de courte durée, de pulsations instantanées variables ω' nettement différentes de ω_1, suivies de périodes d'oscilla-

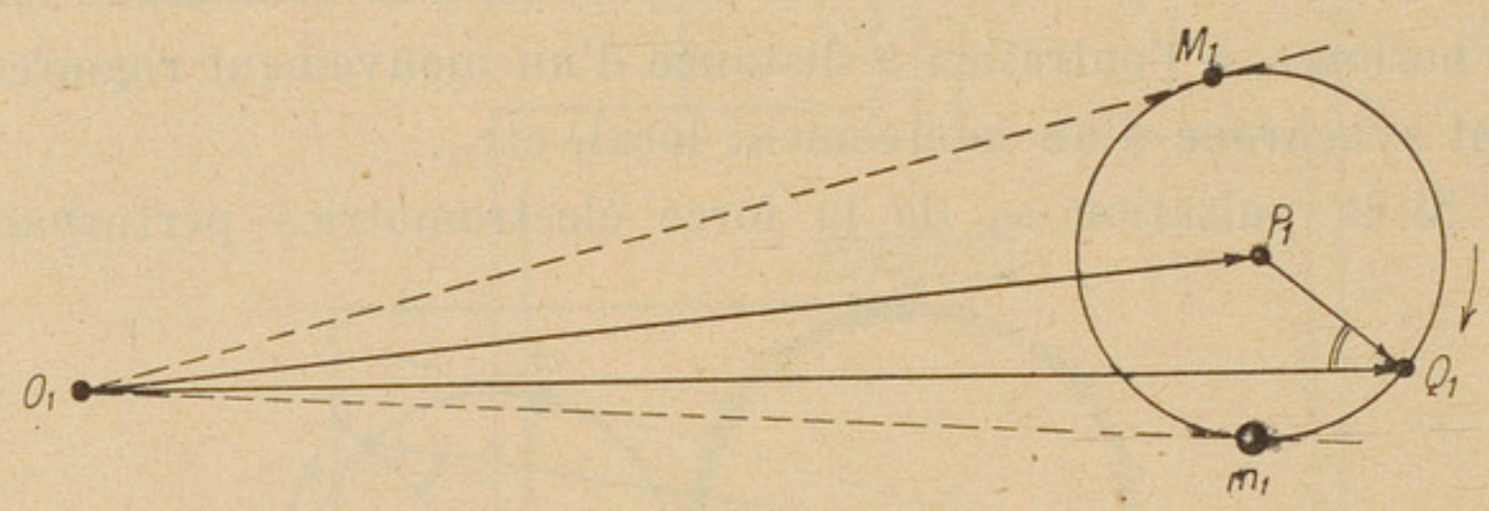


Fig. 22 *bis*. — Oscillateur de pulsation libre ω_1
(Cette figure suppose $\omega_1 > \omega$).

tions synchrones. A mesure que l'écart $|\omega - \omega_1|$ croît, le nombre par seconde de ces accrochages de pulsation ω' augmente, donnant lieu dans un haut-parleur, après détection, à un son roulé, nettement différent du son que l'on obtiendrait si l'oscillateur était libre.

Lorsque l'écart $|\omega - \omega_1|$ est devenu suffisant (ou encore lorsque la force électromotrice perturbatrice est devenue assez faible), l'oscillateur local peut se maintenir constamment en auto-oscillation, de pulsation pratiquement constante, et donner lieu alors, dans le haut-parleur, au son de battement classique avec l'oscillation extérieure. Mais la hauteur de ce dernier son n'est pas $\frac{1}{2\pi}(\omega - \omega_1)$, ω étant la pulsation de l'oscillateur local supposé libre : la fréquence de l'oscillateur local en auto-oscillatiou se trouve perturbée par l'oscillation extérieure ; elle devient imprécise et affectée d'un scintillement autour d'une valeur moyenne intermé-

diaire entre ω et ω_1, cet effet allant en diminuant lorsque augmente l'écart $|\omega - \omega_1|$ et lorsque diminue la force électromotrice perturbatrice. En particulier, la hauteur du son de battement entendu est toujours inférieure à la valeur $\frac{1}{2\pi}|\omega_1 - \omega|$.

Voici quelques applications des résultats précédents dans le cas d'oscillations de haute fréquence.

Tout d'abord, toutes les méthodes de mesures basées sur la comparaison ou la mesure de sons de battements sont erronées dans leur principe si les deux sources présentent entre elles un couplage quelconque, aussi faible soit-il. L'erreur n'est négligeable que si de sérieuses précautions sont prises pour protéger parfaitement chacune des sources. Les méthodes basées sur l'obtention du silence sont également entachées d'erreur, par suite de l'indétermination due à la plage de silence, qui existe dans tous les cas, et qu'on ne peut rendre négligeable qu'avec les mêmes précautions que précédemment.

En particulier, les mesures de longueur d'onde de précision effectuées au moyen d'hétérodynes doivent être réalisées, pour donner toute garantie désirable, avec des hétérodynes blindées, puissantes et placées derrière des amplificateurs convenables ; le couplage avec l'oscillation à mesurer constitue un point délicat ; un couplage par un ensemble de deux bigrilles neutrodynées peut être d'une grande utilité (montage adopté au centre radio-récepteur de l'administration française des Postes et Télégraphes à Noiseau).

Une autre conséquence des résultats précédents est l'erreur que l'on peut commettre dans les mesures absolues de fréquence à partir du multivibrateur (voir, pour l'exposé de cette méthode, Bedeau, *Télégraphie et téléphonie sans fil*, p. 238) ; l'hétérodyne que l'on accorde sur le multivibrateur ne doit présenter aucun couplage avec ce dernier si l'on veut conserver quelque précision à la méthode.

Une autre application à signaler est celle de l'accrochage à distance absolument rigoureux entre deux oscillateurs, accrochage utilisé, par exemple, pour le rétablissement de l'onde porteuse à l'arrivée dans le cas d'une transmission avec suppression de l'onde

porteuse au départ ; il suffit d'envoyer une faible fraction de cette onde porteuse, qui, à la réception, sera utilisée pour synchroniser un oscillateur (DE BELLESCIZE, *Onde électr.*, juin 1932). Point n'est besoin d'étudier des dispositifs compliqués corrigeant les écarts de fréquence de l'oscillation locale, comme il a été fait dans certains cas, lorsque l'oscillateur local rétablissant l'onde porteuse à l'arrivée ne fonctionne pas en « synchronisation ».

La réalisation d'oscillateurs à fréquence acoustique par couplage de deux oscillateurs à haute fréquence de pulsations voisines, est défectueuse si l'on couple les oscillateurs sans précaution : les sons obtenus dans la partie basse de la gamme acoustique auront le caractère de relaxation mentionné ci-dessus ; on sera loin d'avoir réalisé un oscillateur acoustique donnant un courant à peu près sinusoïdal. Un oscillateur convenable ne sera obtenu qu'en évitant toute réaction entre les deux oscillateurs à haute fréquence et en prenant des précautions pour le couplage de leurs oscillations (par exemple, couplage effectué après amplification à l'aide de lampes dont les grilles ne débitent aucun courant. On augmentera en même temps notablement la stabilité de la fréquence musicale, puisque celle-ci sera rendue beaucoup plus indépendante des variations accidentelles de l'amplitude des oscillations à haute fréquence.

Les montages récepteurs du type autodyne ont le défaut de se synchroniser sur l'onde à recevoir, et ce défaut, d'après ce qu'on a vu, est d'autant plus accusé que l'amplitude de l'onde reçue est grande : l'autodyne est donc d'autant plus intéressante que l'onde à recevoir est plus faible. Pour remédier à ce défaut, on peut, lorsqu'on ne veut pas utiliser la méthode de l'oscillation harmonique, réaliser un montage rendant aussi peu sensible que possible la variation de la fréquence de l'autodyne en fonction du déphasage de la tension de grille.

Signalons aussi la possibilité de réaliser, à partir d'une oscillation donnée, une oscillation synchrone de puissance notable dont la phase par rapport à la première est réglable à volonté (voir l'étude de la phase de l'oscillation synchrone). Ce procédé simple de déphasage peut être susceptible d'applications : on peut, par

exemple, utiliser cette méthode pour supprimer complètement une onde indésirable.

Enfin l'étude précédente montre que la méthode de mesure des fréquences par le procédé des « doubles battements », que l'on considère comme précise (*Comptes-rendus de l'acad. des sciences*, mai 1927, p. 1161), n'a pas la précision qu'on lui attribue. Elle consiste, en effet, à régler à la même pulsation ω que celle de l'onde à mesurer une hétérodyne h' de pulsation ω' déjà très voisine de ω. On écoute pour cela h' et l'onde à mesurer dans un même récepteur

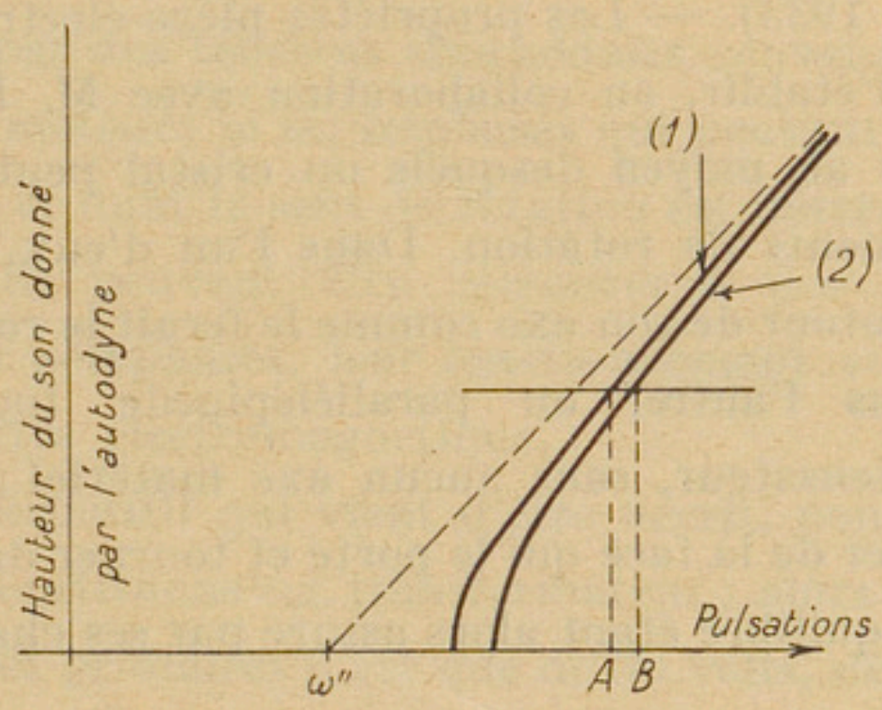


Fig. 23.

autodyne de pulsation ω'' : les deux sons ainsi entendus, de fréquences $\left|\frac{\omega''-\omega}{2\pi}\right|$ et $\left|\frac{\omega''-\omega'}{2\pi}\right|$, donnent entre eux des « battements acoustiques » de fréquence $\left|\frac{\omega-\omega'}{2\pi}\right|$, et, lorsque le son entendu ne présente plus ces battements, on admet que les deux pulsations ω et ω' sont *rigoureusement* égales. Cela ne serait vrai que si les courbes (fig. 23), donnant les hauteurs des sons produits d'une part par l'autodyne et h' (courbe 1), et d'autre part par l'autodyne et l'onde à mesurer (courbe 2) étaient identiques ; or cela n'est pas, puisque ces courbes diffèrent suivant l'amplitude de la force électromotrice que l'on fait battre avec l'autodyne. Donc, lorsque les battements acoustiques auront disparu, c'est-à-dire lorsque les deux sons de battements auront exactement la même fréquence, les pulsations ω et ω' ne seront pas égales, mais différeront de la valeur AB, valeur qui peut entacher d'une erreur notable le résultat de la mesure de la pulsation ω.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur les mouvements d'un cristal de quartz dans un champ électrostatique (Armand de Gramont, *C.R. acad. sciences*, 6 juin, 1933). — Les propriétés piézo-électriques du quartz m'ont permis d'établir, en collaboration avec M. Daniel Beretzki, deux dispositifs au moyen desquels un cristal peut être animé de rapides mouvements de rotation. Dans l'un d'eux, un cylindre de quartz tourne autour de son axe comme le ferait le rotor d'un moteur électrique. Dans l'autre, un parallélépipède tourne entre les faces d'un condensateur, sans aucun axe matériel ; le cristal peut même se détacher de la face qui le porte et tourner dans son enceinte vide d'air, son équilibre étant alors assuré par ses charges électriques superficielles.

Considérons un cylindre de révolution en quartz dont l'axe est parallèle à l'axe optique du cristal : les axes électriques sont alors disposés à 120° dans les sections droites de ce cylindre ; celui-ci est monté de façon à pouvoir tourner autour de son axe. Deux électrodes de forme allongée sont disposées en face de deux génératrices symétriques du cylindre, constituant ainsi un condensateur à diélectrique de quartz.

Si les deux électrodes du condensateur sont respectivement chargées positivement et négativement, le cylindre tournera jusqu'à ce qu'un des plans contenant les axes électriques coïncide avec le plan des électrodes.

Pour que cette rotation se produise, il faut que le condensateur soit chargé à plusieurs milliers de volts ; mais si l'on introduit le condensateur dans un circuit oscillant accordé sur la fréquence fondamentale du cylindre de quartz, il se développe à la surface du cristal et aux extrémités des axes électriques des potentiels atteignant plusieurs milliers de volts alors que la tension excitatrice n'est

que d'une trentaine de volts ; dans ces conditions le couple résultant est suffisant pour faire osciller le cylindre autour de son axe.

Le quartz se trouve ainsi placé dans un champ tournant monophasé dont la fréquence est celle du cristal. Si on lance le quartz mécaniquement, le mouvement de rotation s'entretient de lui-même dans le sens de l'impulsion ; on peut de cette façon obtenir des vitesses de deux ou trois mille tours à la minute pour un cylindre de quartz d'environ 20 mm. de diamètre.

En disposant deux paires d'électrodes à 90° ou trois paires à 120° alimentées par des tensions sinusoïdales convenablement décalées, on crée des moteurs bi ou triphasés qui peuvent démarrer sans action extérieure et dont le sens de rotation est déterminé.

Ces dispositifs peuvent être comparés à des moteurs asynchrones mono ou polyphasés, leur fonctionnement étant électrostatique au lieu d'être électromagnétique.

Si, dans le dispositif qui vient d'être décrit, nous immobilisons le cristal, nous constituons un transformateur ; alors que la tension entre les électrodes primaires n'est que de 30 volts, dès que le cristal est en résonance, on peut obtenir entre des électrodes secondaires des différences de potentiel atteignant plusieurs milliers de volts.

Nous avons, d'autre part, réalisé des mouvements de rotation d'une autre nature avec un parallélépipède de quartz taillé de façon qu'un couple de faces soit perpendiculaire à l'axe électrique et un autre à l'axe mécanique. Lorsqu'on étudie la façon dont se propagent les ondes élastiques dans un tel cristal, on trouve des anomalies profondes qui ne permettent pas de vérifier la vitesse théorique de propagation du son dans le quartz au moyen de la mesure de sa fréquence propre ; nous montrerons ailleurs que la vitesse théorique peut être retrouvée avec une taille convenable. Au contraire, lorsque les dimensions du cristal présentent certains rapports déterminés, les vibrations des différentes faces interfèrent et il se développe au voisinage des arêtes des charges qui sont de signe contraire à celles de la face elle-même.

Les nœuds correspondants à ces régimes vibratoires peuvent être localisés avec de la poudre de lycopode ou par l'emploi de la lumière polarisée ; d'autre part, les aigrettes lumineuses qui se dégagent du

cristal dans une atmosphère raréfiée nous ont aidé à déterminer la répartition des charges et, par là, à expliquer le mécanisme du phénomène.

Par des modifications successives des dimensions du parallélépipède de quartz, nous avons obtenu des cristaux dans lesquels les charges électriques faisaient naître des forces dyssymétriques et inclinées par rapport aux électrodes. Sous l'influence de ces forces, le parallélépipède de quartz prend un mouvement de rotation rapide : un cristal pesant environ 2 grammes a tourné à plus de 20.000 tours-minute; ce cristal était placé entre deux électrodes convexes ; il tournait en restant centré, sans aucun axe matériel, dans une atmosphère raréfiée ou dans le vide. Le cristal peut se détacher de l'électrode inférieure sur laquelle il repose et se maintenir à quelques dixièmes de millimètre au dessus d'elle, tout en restant à une petite distance de l'électrode supérieure.

Si l'on retourne le cristal sur l'électrode inférieure et qu'on l'excite de nouveau, il se met à tourner en sens contraire.

Le mouvement d'un tel cristal peut être comparé à celui du rotor d'un moteur à collecteur fonctionnant sur un courant alternatif monophasé.

INFORMATIONS.

Câbles téléphoniques isolés à la pulpe. — L'isolement à la pulpe est un nouveau procédé destiné à remplacer dans la fabrication de certains types de câbles téléphoniques, le procédé bien connu qui consiste à enrouler en spirale, autour des conducteurs, un ruban de papier. Le nouveau procédé consiste à appliquer directement sur le fil une couche ininterrompue de pulpe, en recourant à une méthode perfectionnée de fabrication du papier. La matière première constituant l'isolant est de la pâte à papier kraft de qualité commerciale ; le traitement préalable qu'elle subit dans les batteuses est le même que dans le cas de la fabrication ordinaire du papier.

La machine utilisée pour appliquer la pulpe sur le fil est une machine du type à un cylindre perfectionnée ; elle permet d'isoler 60 fils en même temps. Les fils nus sont pris sur des bobines au moyen de poulies permettant de souder la fin d'une bobine presque vide au commencement d'une bobine pleine convenablement située par rapport à la première. Ainsi le déroulement des fils est ininterrompu. Avant d'arriver à la machine, les fils passent dans un bain électrolytique, qui fait disparaître les traces du composé utilisé au moment de l'étirage. La surface du moule produisant l'isolement au papier est divisée en 60 sections étroites ; dans chacune de ces sections, se forme une bande de papier, étroite mais sans solution de continuité. Les fils sont amenés en contact avec le moule de telle manière que, lorsque celui-ci tourne et fabrique les bandes, un seul fil soit enrobé dans chaque bande. Sous la pression d'un rouleau (couch roll), les bandes de papier et les fils métalliques sortent du moule et sont entraînés vers un blanchet mobile en laine. Le blanchet fait passer les bandes de papier et les fils à travers les presses, qui les déshydratent et les consolident, puis les achemine vers les polisseurs, où les bandes sont enroulées par un mécanisme tournant très vite ; elles se présentent alors sous la forme de manchons humides cylindriques

entourant les fils. On dessèche l'isolant encore humide en le faisant passer dans un four électrique en forme de boîte, dont l'une des extrémités est maintenue à une température élevée. Le fil isolé est ensuite enroulé sur des bobines préparées à cet effet. Le débit de la machine est de l'ordre de 40 mètres à la minute.

On a triomphé des principales difficultés inhérentes à ce procédé et l'on a vérifié les propriétés essentielles du nouvel isolant. On a construit les machines nécessaires pour isoler 69.000 kilomètres de fil par semaine, et tous les câbles en fils de diamètre inférieur à un demi-millimètre (fils nos 24 et 26 de la jauge américaine) sont isolés à la pulpe.

Ces câbles ont le même diamètre que ceux dont les conducteurs sont isolés à l'aide de papier en ruban ; leurs caractéristiques électriques sont meilleures, à l'exception de la capacité, qui a une valeur légèrement plus grande. Toutefois, la réduction de qualité de transmission due à ce que la capacité est un peu plus élevée, est plus que compensée par l'abaissement du prix de revient des câbles.

On emploie les méthodes habituelles de pose des câbles ; toutefois, en particulier lorsque la température est basse, il faut utiliser, pour effectuer les joints, un composé plus mou et meilleur lubréfiant que la cire de paraffine. On a obtenu un composé donnant satisfaction en ajoutant de l'huile de paraffine à la cire de paraffine, dans des proportions qui varient suivant la température où s'effectue l'épissage.

En fabrication commerciale, on a effectivement réalisé les économies escomptées et l'on étudie actuellement les nouvelles possibilités d'utilisation de ce procédé d'isolement des conducteurs (*Bell system technical journal*, janvier 1933).

BREVETS D'INVENTION.

Téléphonie.

747.368. Câble téléphonique fonctionnant avec des amplificateurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

747.369. Câble téléphonique fonctionnant avec amplificateurs, notamment câble téléphonique sous-marin (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

747.460. Câble téléphonique, notamment câble téléphonique sous-marin (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

747.565. Perfectionnements aux microtéléphones ou combinés (Telefonaktiebolaget L.M. Ericsson, Suède).

747.631. Station téléphonique automatique à prépayement (E. Wehren, Suisse).

42.216. Câble de Pupin pour téléphonie simultanée à basse fréquence et à fréquence porteuse (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne) (2e addition au brevet n° 654.656).

42.228. Perfectionnements aux dispositifs et appareils pour transmettre les messages à l'aide de câbles sous-marins et de câbles analogues (W. Estaugh, Angleterre) (1re addition au brevet n° 626.915).

Transmission des images.

746.564. Procédé de fonctionnement de lampes à décharge dans un gaz, à colonne positive, pour la télévision (Société dite : Fernseh A.G., Allemagne).

Les lampes luminescentes utilisant pour la réception en télévision comme source lumineuse la colonne positive de la décharge électrique dans un gaz rare présentent en général cette propriété que leur caractéristique volt-ampère n'est sensiblement linéaire sur une large partie (résistance interne constante) que pour une température bien déterminée de la lampe (par exemple pour 180 degrés centigrades dans le cas d'une lampe à gaz rare et à électrodes, de sodium ; pour cette température également l'intensité lumineuse de la colonne positive est proportionnelle à l'intensité du courant électrique traversant la lampe.

En outre si l'on superpose au courant continu d'alimentation un courant alternatif de haute fréquence (d'intensité constante et appropriée) la caractéristique volt-ampère est non seulement linéaire mais encore horizontale à cette température optimum (de 180°) de sorte que la lampe se comporte dans le circuit de sortie

de l'amplificateur du poste récepteur de télévision comme une résistance constante et de valeur voisine de zéro.

L'objet de l'invention est d'utiliser la lampe luminescente à colonne positive dans ces conditions optima : 1° en superposant à l'alimentation en courant continu une alimentation en courant alternatif de haute fréquence ; 2° en maintenant la température de la lampe à une valeur optimum constante, soit au moyen de calorifuges empêchant les fortes pertes de chaleur, soit au moyen de dispositifs de chauffage additionnel extérieur.

746.911. Perfectionnements aux procédés et aux appareils pour contrôler la substitution ou la combinaison de signaux (R. Lyon et A.T. Stoyanowsky, France).

747.140. Dispositif de modulation pour la télévision (T. Nakashima, et K. Takayanagi, Japon).

747.141. Amplificateur de courant photo-électrique pour appareils de télévision (T. Nakashima et K. Takayanagi, Japon).

747.633. Perfectionnements apportés aux circuits électriques pour des dispositifs de communication, plus spécialement applicables aux dispositifs de télévision (A.H. Bickley, Australie).

42.047. Mode de montage pour le fonctionnement d'un tube luminescent à colonne positive pour la télévision (Fernseh A.G., Allemagne) (1re addition au brevet n° 735.144).

42.097. Procédé de décomposition et composition d'images, en particulier pour la télévision (I.M.K. Syndicate, Angleterre) (1re addition au brevet n° 735.197).

42.128 et 42.141. Perefctionnements aux systèmes optiques d'analyse et de reconstitution de télévision, télécinéma, téléimpression (invention R. Barthélemy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France) (2e et 3e additions au brevet n° 721.634).

42.274 et 42.275. Disposition pour la transformation de variations de l'intensité lumineuse en variations d'états de services électriques (M. Grützmacher, Allemagne) (1re et 2e additions au brevet n° 684.995).

Radiocommunications.

744.673. Perfectionnements aux radiogoniomètres (E. Bellini France).

744.856. Dispositif permettant de régler mécaniquement les récepteurs de T.S.F. en fonction des longueurs d'onde exprimées en mètres ou en kilocycles (Office général d'installations et de matériel, France).

745.119. Appareil automatique de rupture de courant pour poste récepteur de T.S.F. (R.-L. Cailleaux et A. Varenne, France).

745.147. Perfectionnements aux systèmes de radiocommunications sur ondes courtes (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre).

BIBLIOGRAPHIE.

Les courants alternatifs : I. *Méthodes générales pour le calcul des courants sinusoïdaux*, par A. Blondel. Paris, J.-B. Baillière, 1933, 1 vol. in-8° de 696 pages.

Le but de ce premier volume est de donner un exposé synthétique et critique de toutes les méthodes générales de calcul dont peut avoir besoin l'ingénieur pour mettre en équation et traiter aisément n'importe quel problème relatif aux courants alternatifs. Il comporte douze chapitres, dont voici les titres : I. Définitions élémentaires et représentations graphiques ; II. Comparaison des méthodes de calcul des courants sinusoïdaux dans les circuits fixes ; III. Représentation des régimes de fonctionnement des circuits ou d'appareils par un diagramme synthétique ; IV. Représentation des puissances, des couples et des rendements sur le diagramme polaire circulaire ; V. Application des principes généraux à l'étude de quelques circuits typiques ; VI. Traduction vectorielle de l'hystérésis et des courants de Foucault ; VII. Application des principes précédents à l'étude de quelques machines simples ; VIII. Définition et propriétés élémentaires d'un système de courants alternatifs polyphasés ; IX. Méthodes de calcul des inductances propres et mutuelles et des capacités des lignes aériennes et souterraines ; X. Méthode de calcul des phénomènes de propagation permanents ; XI. Application des fonctions vectorielles hyperboliques et cylindriques aux phénomènes de concentration ; XII. Méthode de calcul des systèmes polyphasés déséquilibrés par la superposition d'ensembles symétriques.

Le nom seul de l'auteur dispense d'exprimer tout jugement sur l'ouvrage : directement ou à travers l'enseignement des meilleurs maîtres, tout ingénieur électricien n'est qu'un élève modeste de M. Blondel. Les méthodes d'étude exposées dans l'ouvrage, toutes essentiellement classiques, ont été, pour une grande partie, créées

par lui-même, ou propagées par ses publications. Il sera très apprécié de trouver ces développements rassemblés dans un même volume et comparés entre eux. Ajoutons que des notes bibliographiques précises et complètes guident le lecteur désireux d'approfondir l'étude de quelques questions de détail. L.-J. C.

Les transmutations artificielles, par Louis Leprince-Ringuet. Paris, Hermann, 1933. 1 vol. in-8° de 41 pages, avec 4 planches.

Dans ce fascicule, qui est le premier d'une série des actualités scientifiques consacrée à la physique atomique expérimentale, M. Leprince-Ringuet expose les principales considérations qui permettent actuellement aux physiciens de se faire une image des noyaux atomiques et de la transmutation de l'un dans l'autre ; il passe en revue les différentes méthodes expérimentales utilisées pour la détection de ces phénomènes et signale les principaux résultats acquis au cours de cette année. Le lecteur trouvera dans cet ouvrage, écrit par un des jeunes physiciens qui ont contribué aux plus récents progrès, un résumé des résultats considérables acquis au cours de cette année dans le domaine de la physique atomique. P. M.

Le Gérant :

Henri Dévé.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ — 8-9-33.

LES RADIOPHARES
A L'USAGE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE,

par le capitaine MIOCHE,
ingénieur E.S.E.

Les procédés de navigation qui utilisent les propriétés qu'ont les cadres récepteurs de permettre des mesures goniométriques sur des postes émetteurs de T.S.F., sont extrêmement précieux et rendent chaque jour de grands services aux navigateurs aériens. Ils présentent néanmoins quelques inconvénients qui, dans certains cas, les rendent peu pratiques et, parfois même, inutilisables.

Ils mettent en œuvre, soit un réseau de radiogoniomètres terrestres qui détermine par triangulation la position de l'avion et lui renvoie le renseignement par T.S.F., soit un radiogoniomètre de bord qui effectue directement ses relèvements en se servant comme radiophare de postes émetteurs terrestres judicieusement choisis.

Dans le premier cas, l'emploi du dispositif terrestre est limité à de faibles portées par suite de la faible puissance de l'émetteur de bord, et comme il ne peut s'occuper que d'un avion à la fois, il risque de se trouver insuffisant ou d'être brouillé lorsque plusieurs avions demandent son concours en même temps. Dans le second cas, une installation encombrante dans l'avion et la présence à bord d'un opérateur expérimenté, sont nécessaires.

Depuis longtemps déjà, on s'est préoccupé de mettre au point une méthode de navigation simple dont l'emploi n'impliquerait à bord aucune nouvelle servitude.

Le développement de l'aviation marchande, qui doit assurer un trafic régulier de jour, de nuit et par tous les temps, a donné à ce problème une importance capitale.

Dans cet ordre d'idées, de nombreux dispositifs furent réalisés

et expérimentés, au cours de ces dernières années. D'une façon générale, ceux-ci sont constitués par des postes d'émission possédant des caractéristiques particulières, variables dans le temps ou dans l'espace, ou dans les deux à la fois. Ils permettent aux aéronefs, soit de suivre une route balisée, soit de déterminer leur position aussi souvent qu'ils le désirent.

Les premiers radiophares, spécialement destinés à la navigation aérienne, furent construits pendant la guerre et utilisaient l'effet directif des antennes ou les propriétés des cadres. L'un d'eux était constitué par un certain nombre d'antennes en L, disposées en étoile; à l'aide d'un commutateur tournant on émettait successivement dans chacune d'elles un signal différent, la suite des premiers nombres, par exemple; l'observateur connaissant la répartition en azimuth des différents signaux, notait le signal reçu avec la plus grande intensité et en déduisait la direction de l'émetteur.

Un autre dispositif utilisait soixante cadres triangulaires non fermés, d'une hauteur de 90 mètres environ et de 200 mètres de base, disposés suivant les diamètres d'un cercle. Chaque aérien ainsi constitué était relié à une self toroïdale sur laquelle frottait un système de balais, tournant à vitesse constante et connecté directement à l'oscillateur. Un signal particulier était envoyé dans l'antenne dirigée nord-sud. Dans ces conditions l'observateur notait le temps qui s'écoulait entre le signal de l'antenne nord-sud et celui perçu avec le maximum d'intensité ; connaissant la vitesse de rotation des balais distributeurs, il en déduisait immédiatement son relèvement.

Après la guerre, ces essais ne furent pas poursuivis, les besoins de tels appareil ne se faisant plus sentir. Tous les efforts s'orientèrent vers le perfectionnement des communications radioélectriques entre les avions et le sol, et vers le balisage visuel des lignes aériennes.

I. Les radiophares a champ fixe.

Le développement particulièrement rapide de l'aviation marchande aux Etats-Unis, et la difficulté de baliser, par les procédés habituels, des itinéraires longs et souvent accidentés, orientèrent

de nouveau les recherches vers les procédés de navigation utilisant des dispositifs radioélectriques. La principale considération qui devait guider ces études, fut le souci de réduire à son minimum l'équipement de l'avion, tout appareil supplémentaire venant toujours diminuer soit le rayon d'action, soit le frêt utile.

1. Les radiophares à quatre directions. — Dès 1921 le *Bureau of Standards* chercha à réaliser un radiophare spécialement destiné à la navigation aérienne et construisit un système de deux cadres croisés émettant des signaux à intervalles alternés. Son emploi ne nécessitait à bord que la seule présence d'un récepteur ordinaire et les premiers essais furent tout à fait satisfaisants (1).

Ce dispositif fut perfectionné au cours des années suivantes, et ces études aboutirent, en 1927, à la création *du radiophare à*

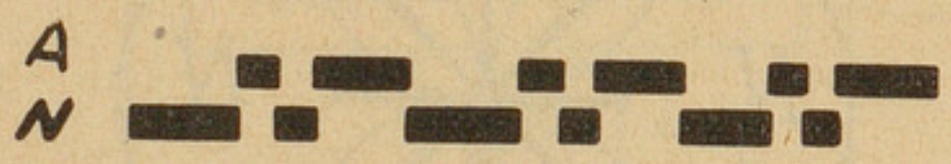


Fig. 1. — Signaux enchevêtrés.

signaux enchevêtrés. Celui-ci est constitué par un émetteur d'ondes entretenues modulées à une fréquence musicale, émettant alternativement sur deux grands cadres faisant entre eux un angle sensiblement droit. Un commutateur à cames, tournant lentement, émet dans un cadre une lettre de l'alphabet Morse et dans l'autre une seconde lettre, de telle façon que les intervalles de l'une correspondent aux signaux de l'autre (A .—, et N—., par exemple) (fig. 1). Les circuits des deux cadres sont parfaitement symétriques et sont attaqués par un maître oscillateur. Dans ces conditions, un observateur situé dans l'un des deux plans bissecteurs de l'angle dièdre formé par les cadres, recevant des signaux d'égale intensité, n'entendra qu'un trait continu. S'il s'éloigne de ce plan, l'une des deux lettres (N ou A) deviendra prépondérante suivant qu'il se trouve dans l'un ou dans l'autre des secteurs formés par les plans bissecteurs (fig. 2).

1. Ces renseignements sont extraits des *Research papers du Bureau of Standards.*

Ce système, tel qu'il vient d'être décrit, est extrêmement rigide et ne permet de déplacer les axes d'équisignaux qu'en déplaçant les cadres. Or, ceux-ci ont des dimensions considérables (30 à 40 mètres de haut) et par conséquent sont difficilement mobiles.

Pour permettre d'orienter la route dans une direction à peu près quelconque sans toucher aux aériens, on intercale un système de selfs à quatre enroulements entre les amplificateurs et les

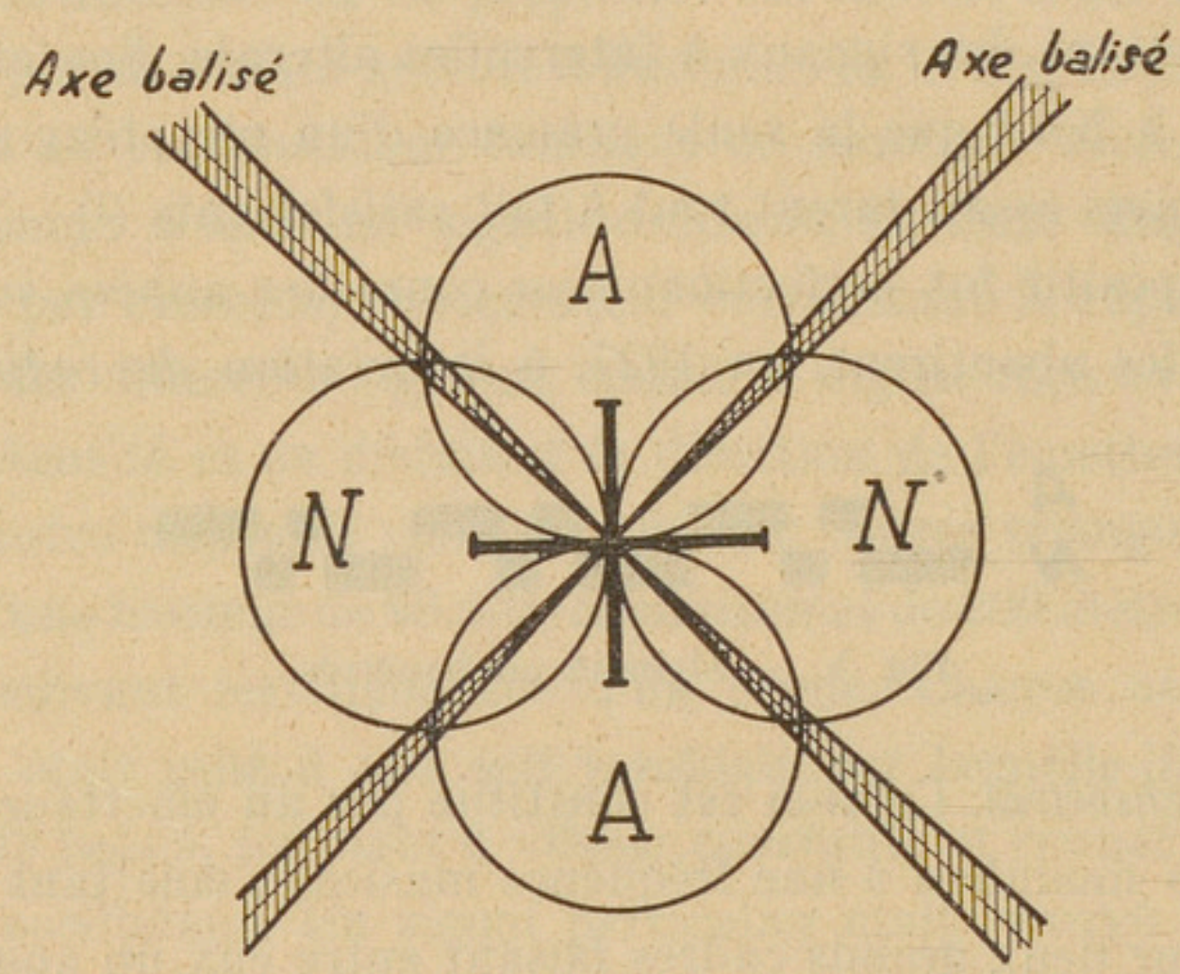


Fig. 2. — Répartition des champs autour du radiophare à quatre directions.

antennes, de sorte que le champ résultant créé dans les aériens correspond à celui qui serait produit par un cadre imaginaire tournant avec le circuit primaire.

La réception d'un tel radiophare, dont le schéma général est donné par la figure 3, se fera donc à bord d'avion sur un récepteur ordinaire accordé sur la longueur d'onde choisie.

Il faut remarquer que l'emploi de l'antenne pendante, communément employée à bord d'avion, introduit une erreur du fait de son effet directif. Cette erreur est donnée par la formule de M. Mesny :

$$\sin \delta = \frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \beta} \sin V$$

ou δ est l'angle de déviation, α l'angle de site de l'avion par rapport à l'émetteur, β l'angle que fait la corde de l'arc de l'antenne pendante avec l'horizontale et V l'angle de l'axe de l'avion avec l'axe balisé. Elle est maximum lorsque l'avion marche perpendiculairement à l'axe et peut atteindre des valeurs importantes à de faibles distances. On a relevé à environ 60 kilomètres, l'avion navigant à

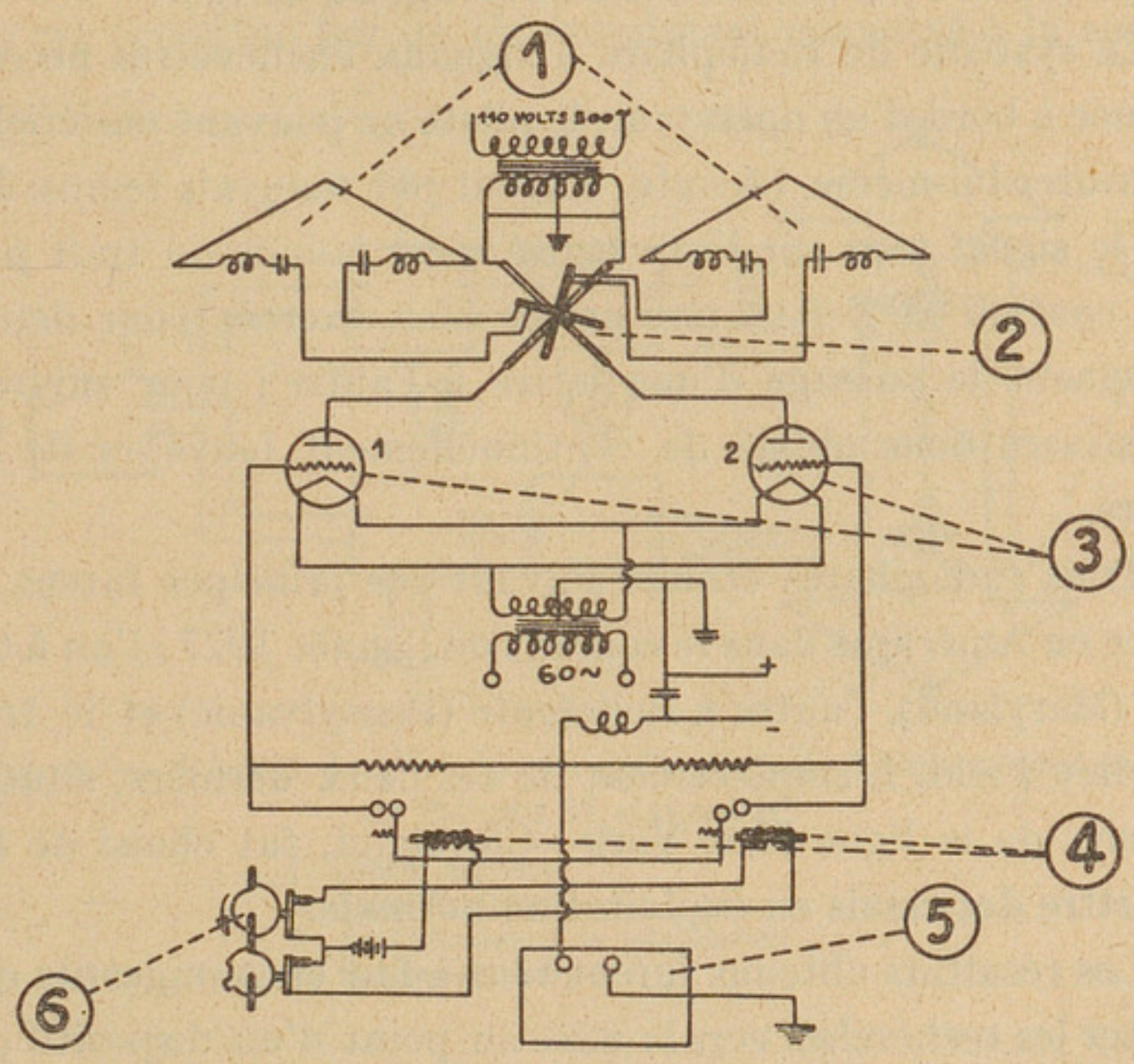


Fig. 3. — Schéma de principe du radiophare à signaux enchevêtrés du Bureau of standards.

1. Cadres aériens.
2. Cadres de couplage.
3. Tubes amplificateurs.
4. Electroaimants du manipulateur.
5. Maître-oscillateur.
6. Manipulateur.

une altitude de 2000 mètres, des erreurs de l'ordre de 6 à 8 degrés. Ces erreurs peuvent atteindre 30 degrés à 10 kilomètres.

On a donc intérêt à utiliser une antenne fixe verticale, à condition toutefois d'avoir un récepteur d'une sensibilité suffisante. Celle-ci peut être constituée par une simple perche verticale dépassant le fuselage de l'avion de 2 à 3 mètres. Il devient dès lors facile de suivre avec une bonne précision l'axe balisé. De plus, puisque cette antenne n'est sensible qu'à la composante verticale du champ et qu'au-dessus du radiophare celle-ci est absolument nulle, la

position de celui-ci peut être repérée avec exactitude. Ceci peut être d'un grand secours en cas de brouillard.

Cependant, les faibles dimensions de cette antenne impliquent absolument l'emploi d'un récepteur très sensible et très puissant, par conséquent d'un emploi délicat à bord d'avion. En outre il sera souvent nécessaire de le protéger soigneusement contre les perturbations causées par les circuits d'allumage du moteur.

Ce système de radiophare à signaux enchevêtrés nécessite la présence à bord d'un opérateur, le pilote ne pouvant matériellement pas assurer lui-même l'écoute, surtout par mauvais temps. D'autre part, le signal reçu sur l'axe balisé n'est jamais un trait parfaitement continu et il faut une oreille bien exercée pour déterminer exactement le passage d'une lettre à l'autre ; pour suivre l'axe, l'avion sera donc obligé de continuellement louvoyer de part et d'autre.

Trois radiophares établis suivant ces principes furent mis en service en Amérique dans le courant de l'année 1927 ; l'un à College-Park (Maryland), l'autre à Bellefonte (Pensylvanie) et le troisième à Hadley Field. L'emplacement de ces deux derniers, situé sur le parcours de la ligne New-York—Cleveland, fut choisi de façon à permettre des essais en exploitation normale.

Les résultats obtenus furent tout à fait encourageants et firent orienter les recherches vers la mise au point d'un dispositif permettant l'emploi à la réception d'un appareil à indication visuelle.

Le premier appareil construit dans cet ordre d'idée, utilisait un système de relais, monté à la sortie de l'amplificateur, agencé de telle façon que la lettre A du signal enchevêtré allumait une lampe rouge, la lettre N une lampe verte et le trait continu une lampe blanche. Outre sa complexité considérable qui entraînait un poids et un encombrement presque incompatibles avec ses conditions d'emploi, ce dispositif indiquait seulement si l'avion était ou n'était pas sur la bonne route, sans donner aucun renseignement sur la distance dont il en était écarté.

Le *Bureau of Standards* fit alors plusieurs essais en modulant les cadres à des fréquences musicales, l'un à 500, l'autre à 700 périodes ; le récepteur utilisant un microampèremètre à zéro central.

Mais ce système fut rapidement abandonné par suite de la complexité du recepteur.

C'est alors que fut mis au point le *radiophare à double modulation*, qui est couramment employé aux États-Unis pour le balisage des grandes voies aériennes (fig. 4).

Dans ce dispositif, les deux cadres sont modulés à basse fréquence, l'un à 60, l'autre à 80 périodes environ. Le récepteur visuel (fig. 5) est constitué par un électro-aimant connecté à la sortie du

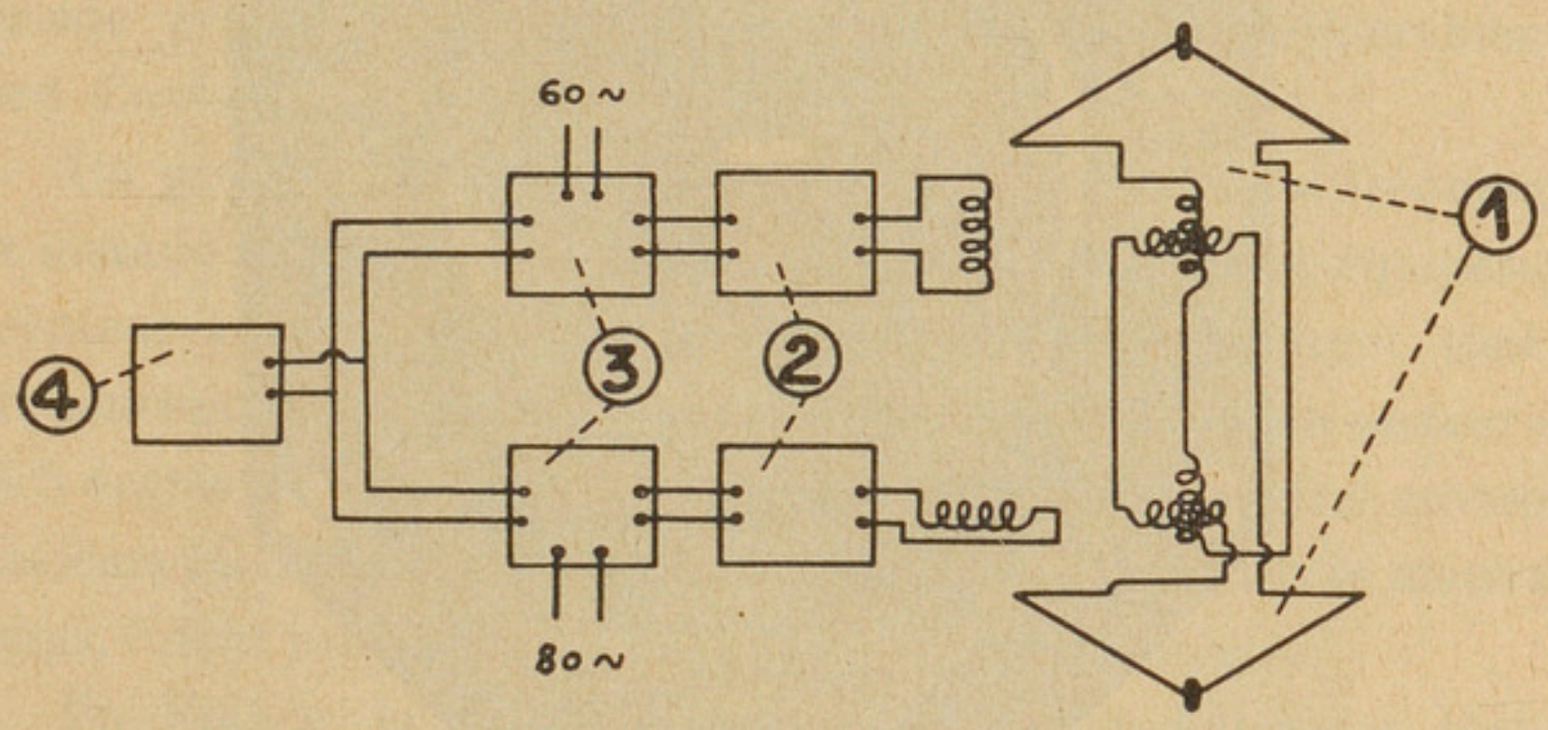
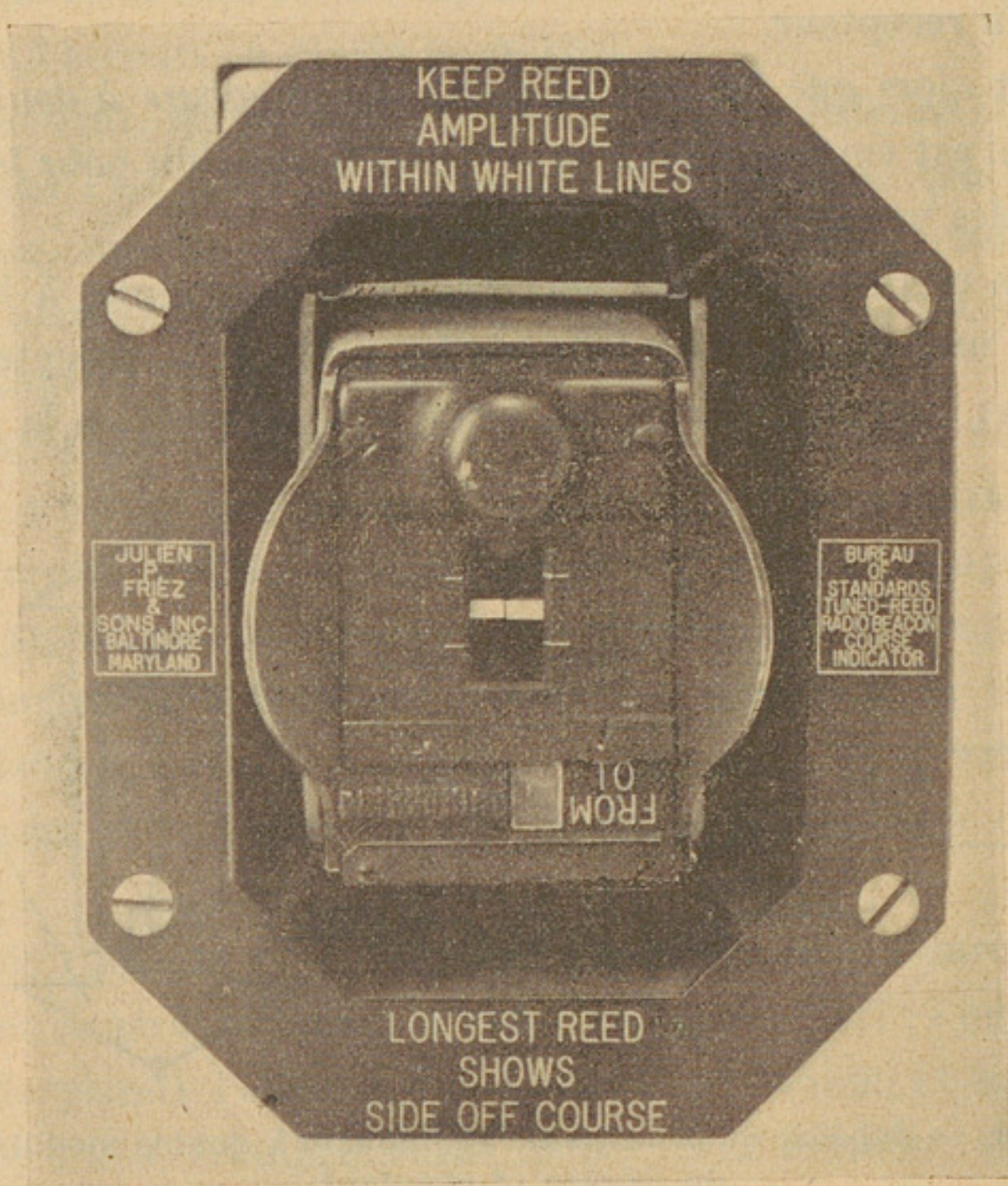


Fig. 4. — Schéma de principe du radiophare à double modulation du Bureau of standards.

1. Cadres aériens.
2. Amplificateurs.
3. Amplificateurs de modulation.
4. Maître-oscillateur.

récepteur de bord, entre les mâchoires duquel peuvent vibrer deux lames d'acier, accordées mécaniquement sur des périodes correspondant aux fréquences 60 et 80. Dans ces conditions, les deux lames vibrent avec la même amplitude lorsque l'avion se trouve exactement dans l'un des plans bissecteurs des deux cadres, et lorsqu'il se trouve en dehors, le pilote peut facilement estimer son écart, en grandeur et en direction, en considérant les amplitudes relatives des deux lames.

L'emploi de ce procédé n'implique la présence à bord d'aucun opérateur, le récepteur pouvant, en effet, être réglé au départ de l'avion. Le pilote aura directement sous les yeux l'indicateur à lames vibrantes et réglera au moyen d'un rhéostat l'amplitude des vibrations à une valeur convenable.


KEEP REED
AMPLITUDE
WITHIN WHITE LINES
JULIEN
P.
FRIEZ
&
SONS, INC.
BALTIMORE
MARYLAND
BUREAU
OF
STANDARDS
TUNED-REED
RADIO BEACON
COURSE
INDICATOR
FROM
TO
LONGEST REED
SHOWS
SIDE OFF COURSE

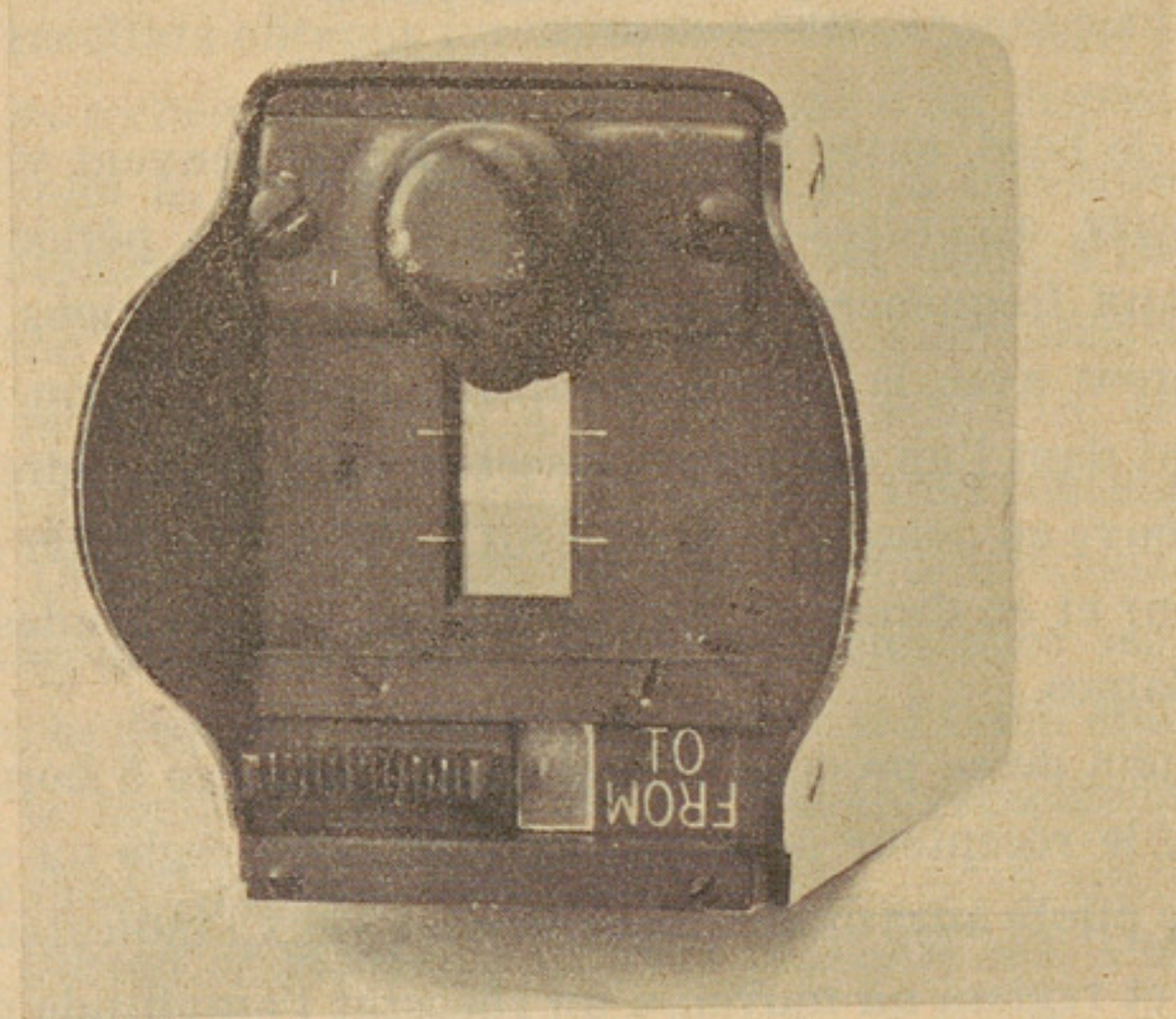

FROM
TO

Fig. 5.

La construction d'un tel radiophare nécessite des précautions particulières pour éviter, entre les circuits des deux cadres, des couplages parasites qui entraîneraient une dyssymétrie des axes et diminueraient le rendement. D'autre part, les moindres variations des fréquences de modulation produisent, pour l'avion qui suit la ligne balisée, des erreurs de même nature qu'un déplacement accidentel de l'axe. Enfin, l'organe récepteur à lames ne doit être sensible ni aux variations de température, qui changeraient leur période propre, ni aux vibrations mécaniques, considérables à bord d'avion.

Un premier radiophare à double modulation basse fréquence, fut installé à College Park et de nombreux avions furent équipés du récepteur à lames vibrantes. Les résultats obtenus furent tout à fait concluants : l'axe ainsi balisé était constitué par un secteur de 3 à 5 degrés d'ouverture, avec une portée de 150 kilomètres environ. Plusieurs fois, des équipages complètement perdus dans le mauvais temps, furent ramenés sur l'aérodrome par le radiophare.

En France, la *Société d'entreprises électrotechniques* a réalisé *un radiophare à deux cadres fixes et à signaux enchevêtrés* comparable, dans ses grandes lignes, aux radiophares décrits ci-dessus. Le système rayonnant est constitué par deux cadres sensiblement perpendiculaires, tendus entre un mât central d'environ 40 mètres de haut, et quatre potelets de 4 mètres, placés aux quatre coins d'un carré de 100 mètres de diagonale ; les haubans sont situés dans les plans bissecteurs afin de ne créer aucune dyssymétrie dans le système.

Le dispositif d'émission (fig. 6) comporte deux générateurs d'oscillations distincts, branchés chacun sur un cadre et constitués chacun par une lampe de un kilowatt. Les circuits oscillants, directement dans les circuits plaque, sont montés en dérivation sur les aériens. Ce montage permet de régler facilement et avec précision la longueur d'onde de chacun des cadres, par la seule variation des selfs de plaque. Un condensateur d'appoint, placé aux bornes de l'un des cadres, permet, de plus, d'obtenir l'accord exact des deux aériens. Cette dernière opération peut être effectuée à distance, d'un poste de contrôle par exemple, grâce à un dispositif de télé-

mécanique du genre pas à pas. Les instruments de mesures nécessaires sont groupés sous les yeux de l'opérateur, qui peut, à chaque instant, s'assurer que les énergies rayonnées par les deux aériens sont bien égales.

Le groupe d'alimentation est constitué par un moteur triphasé asynchrone synchronisé, entraînant par accouplement élastique, un alternateur à 1000 périodes, fournissant la tension anodique et une génératrice de courant continu pour l'excitation des relais

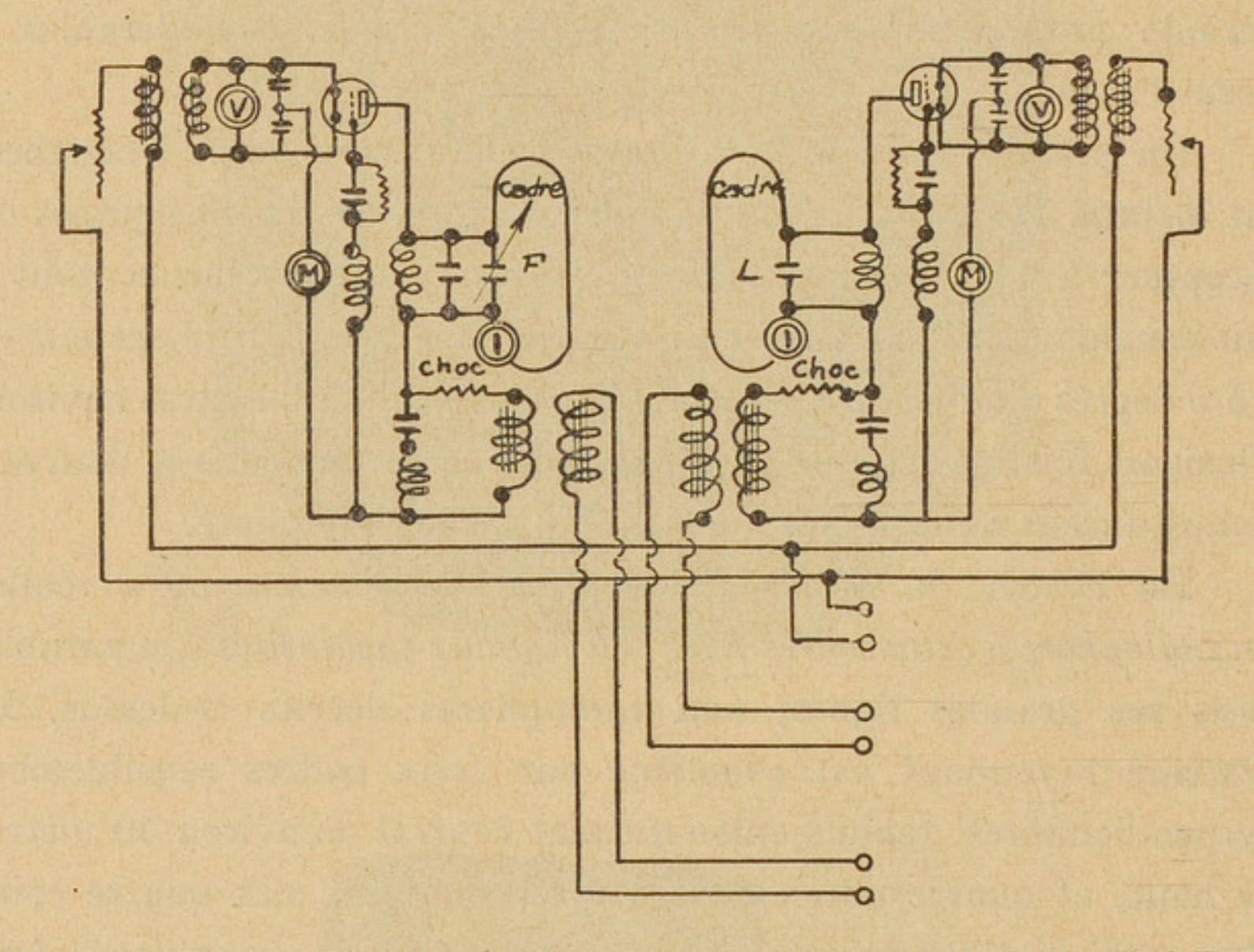


Fig. 6. — Schéma de principe du radiophare à signaux enchevêtrés S.E.T.

de manipulation. Celle-ci est elle-même accouplée, par pignon et vis sans fin, à l'arbre à cames qui distribue, à la cadence des lettres morse F..—. et L.—.., le courant sur chacun des électro-aimants du manipulateur automatique.

L'ensemble du groupe d'alimentation peut être entraîné, en cas de panne du secteur, par un moteur à essence muni d'un régulateur de vitesse. Un dispositif d'accouplement élastique embrayable, permet de passer rapidement d'un mode d'alimentation sur l'autre.

A quelques centaines de mètres du radiophare, se trouve un poste de contrôle constitué par un récepteur radiogoniométrique à cadre mobile, placé dans l'un des plans bissecteurs du dièdre formé

par les deux cadres d'émission. Celui-ci permet les contrôles suivants : 1° Egalités des longueurs d'ondes émises par les deux cadres ; 2° Stabilité des ondes émises ; 3° Fixité de l'axe radiobalisé. La commande à distance du condensateur, permettant de régler les cadres sur la même longueur d'onde, aboutit à ce poste de contrôle.

Un radiophare de ce type a été installé à Bobigny et mis immédiatement en service pour le balisage de la ligne Paris—Londres. Il a fonctionné correctement pendant près de deux ans, et a permis une expérimentation complète de ce système. Les résultats obtenus sont, d'ailleurs, tout à fait comparables à ceux qui ont été trouvés en Amérique.

Cet appareil a ensuite été livré aux services de l'aéronautique civile et a été remplacé à Bobigny par le *radiophare SET type 50*, qui est un radiophare à double modulation, utilisant le même récepteur à lames vibrantes que celui du *Bureau of Standards*.

L'émetteur (fig. 7) est constitué par un oscillateur unique comportant une seule lampe, couplé aux deux cadres aériens par l'intermédiaire d'une seule spire pour chacun d'eux.

Les deux aériens ont exactement les mêmes caractéristiques que ceux du radiophare SET à signaux enchevêtrés, et sont accordés périodiquement sur la longueur d'onde de l'oscillateur, par deux condensateurs tournants. Ces condensateurs sont entraînés par un moteur synchronisé à des vitesses différentes.

Dans ces conditions, les émissions fournies par chaque cadre, se trouvent modulées à des fréquences qui dépendent de la vitesse de rotation des condensateurs tournants. Celle-ci est réglée de façon que les fréquences de modulation correspondent aux fréquences propres des lames vibrantes des récepteurs.

Le radiophare SET type 50, qui assure journellement le balisage de la ligne Paris—Londres, donne des portées courantes d'environ 250 kilomètres avec une précision de quelques degrés. Un second radiophare de ce type est actuellement en cours d'installation dans la région de Lyon.

2. Les radiophares à douze directions. — Les radiophares précédemment décrits présentent l'inconvénient de ne donner que

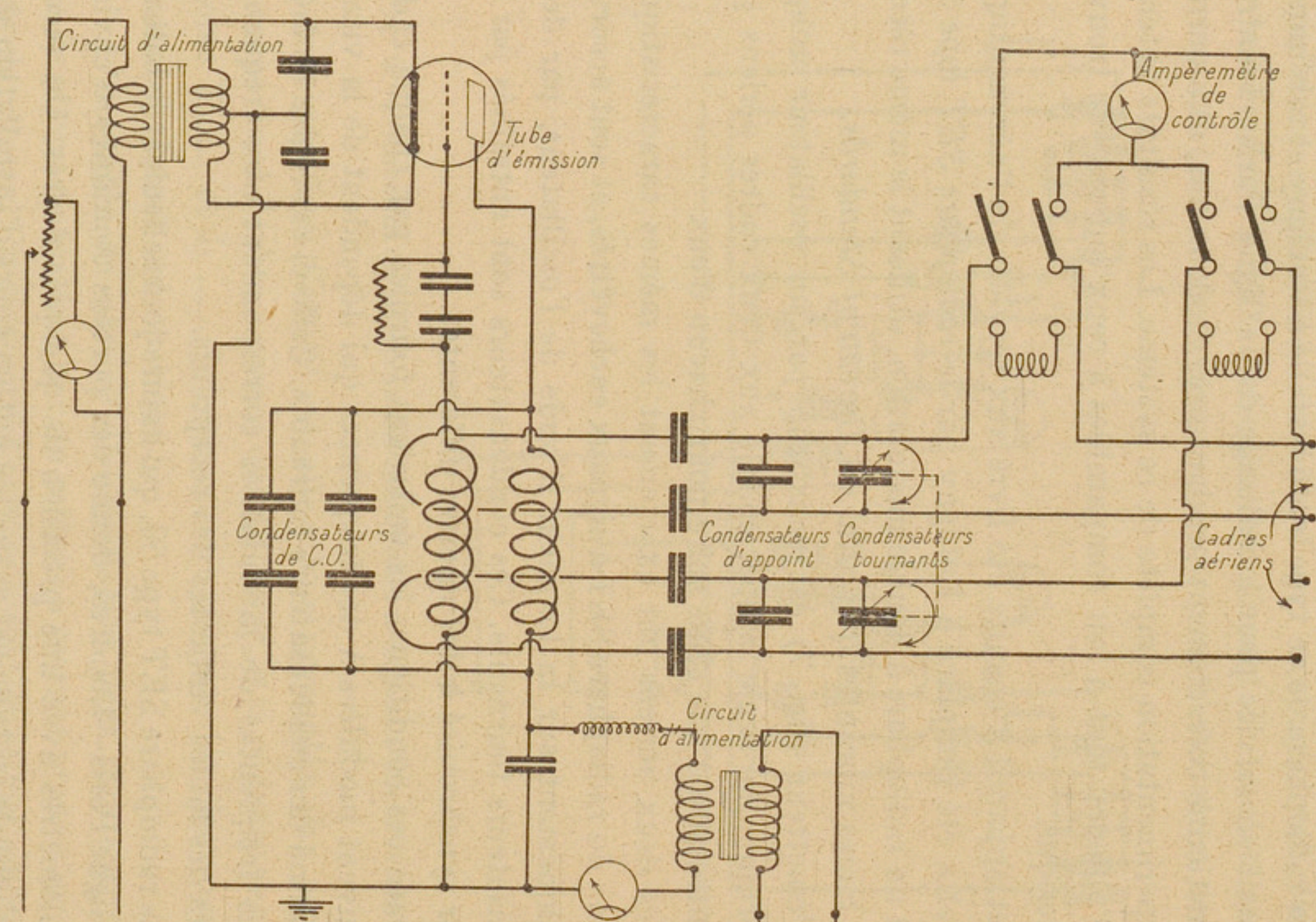


Fig. 7. — Schéma du radiophare SET type 50.

deux directions perpendiculaires dont, en général, une seule est exploitable. Il est en effet très rare que deux lignes aériennes se coupent à angle droit. D'autre part, sur les aérodromes importants où aboutissent plusieurs lignes, ce système de radiophares devient insuffisant, car les avions dont l'itinéraire n'emprunte pas exactement un des axes balisés, sont obligés d'aller chercher un axe en

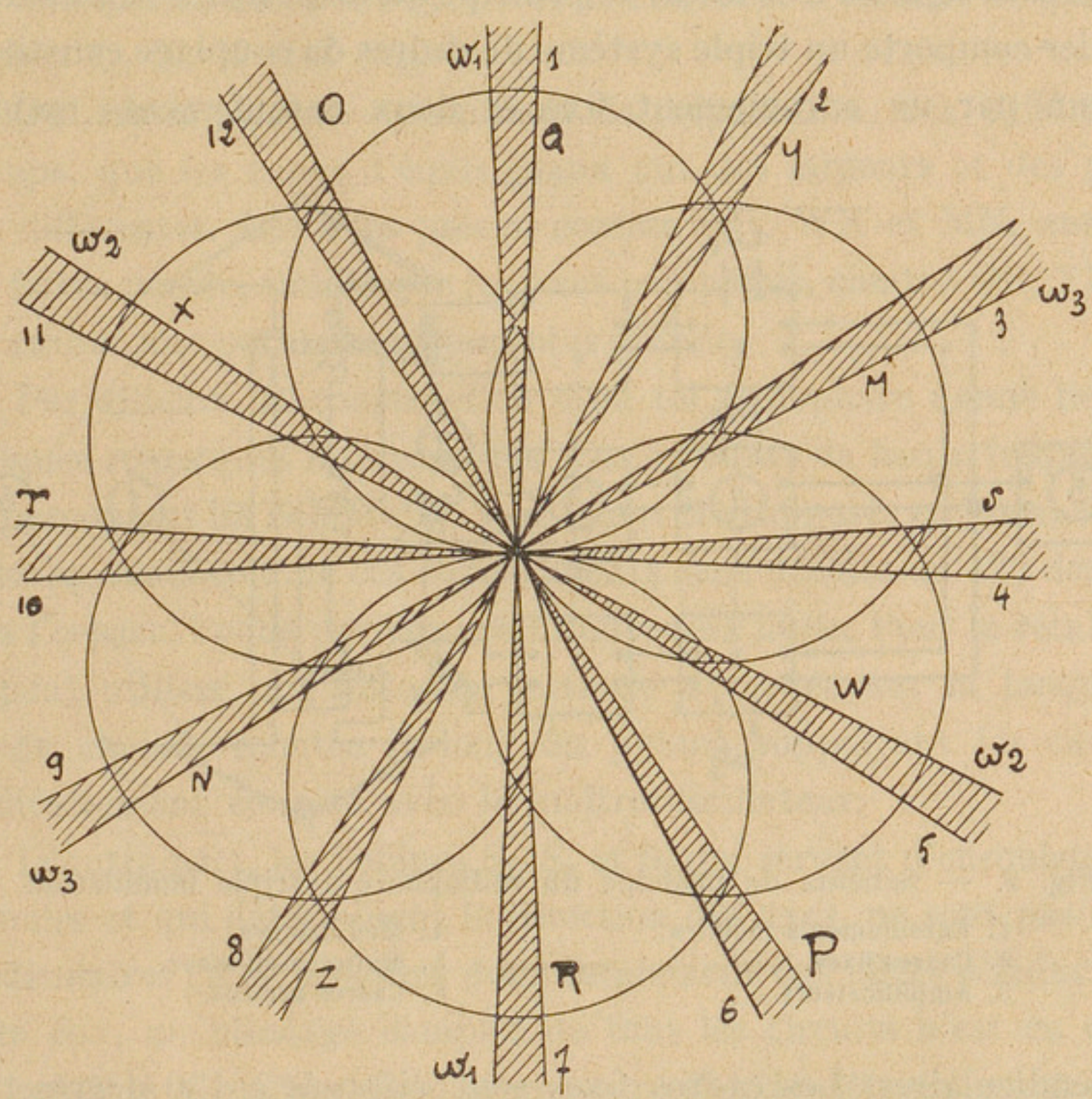


Fig. 8. — Répartition des champs autour du radiophare à douze directions.

dehors de leur route normale. Ils ne peuvent donc utiliser le radiophare qu'à proximité immédiate de l'aérodrome. Tous les avions partant ou arrivant sont ainsi canalisés sur quatre directions convergentes, ce qui peut par mauvais temps présenter certains dangers de collision.

Ces inconvénients se sont rapidement fait sentir sur certains aérodromes américains où le trafic est particulièrement dense. Pour y remédier, le *Bureau of Standards* a créé à College Park

(Maryland), un radiophare qui permet de baliser douze directions, disposées, en principe, à 30 degrés l'une de l'autre.

Il procède du même principe que les radiophares à double modulation et utilise les mêmes cadres aériens, mais il comporte trois circuits modulés à trois fréquences différentes au lieu de deux

La figure 8 donne la répartition des champs autour du radiophare et la figure 9 le schéma de principe du dispositif d'émission. Ce dernier comporte un triple système de cadres de couplage constitués chacun par un enroulement fixe et deux enroulements mobiles

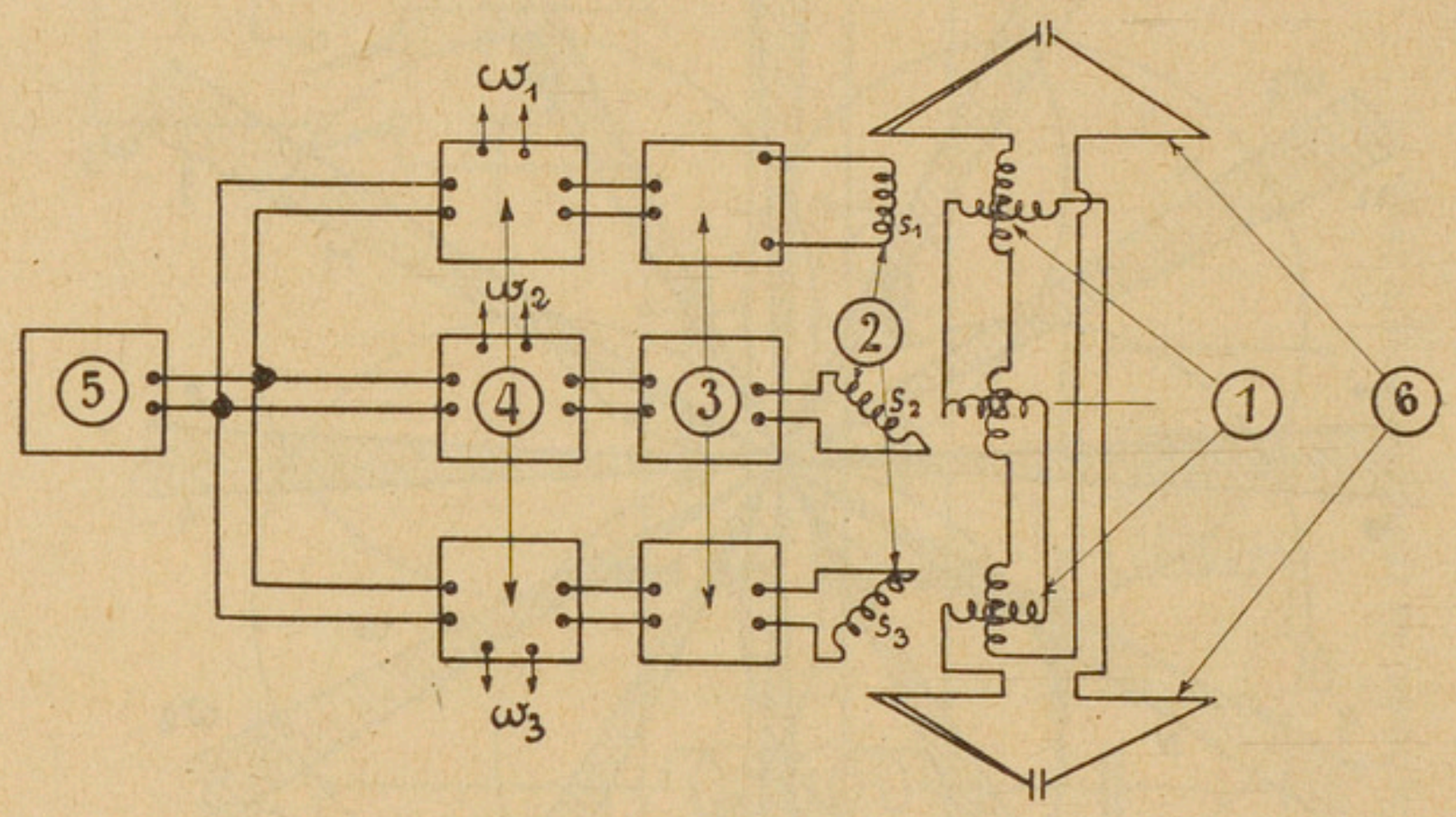


Fig. 9. — Schéma de principe du radiophare à triple modulation.

1. Enroulements mobiles.
2. Cadres fixes.
3. Amplificateurs.
4. Modulateurs.
5. Maître-oscillateur.
6. Cadres aériens.

perpendiculaires. Les cadres fixes sont disposés à 120 degrés l'un de l'autre et directement reliés aux tubes amplificateurs.

Chacun de ces trois ensembles constitue, dans ces conditions, un système équivalent à un cadre unique qui tournerait avec les enroulements mobiles. Dans la position du zéro, comme les trois cadres fixes sont décalés de 120 degrés, il existe donc dans l'espace trois aériens fictifs faisant entre eux un angle de 120 degrés et modulés à trois fréquences différentes ω_1, ω_2 et ω_3. (Les fréquences employées à College Park étaient respectivement 65, 86,7 et 108,3 périodes).

Supposons maintenant qu'un pilote ait sous les yeux trois

appareils indicateurs à deux lames vibrantes du type employé pour la réception des radiophares à double modulation ; le premier étant accordé sur les fréquences ω_1 et ω_2, le second pour les fréquences ω_2 et ω_3 et le troisième pour les fréquences ω_1 et ω_3. Avec le premier indicateur, le pilote, en tournant autour du radiophare, trouvera quatre alignements en M, N, O et P ; avec le second il en trouvera quatre autres en Q, R, S et T, et avec le troisième les quatre derniers Q, X, Y et Z (fig. 8).

On remarque, en examinant la répartition des différents champs, que les zones d'équisignaux ont des largeurs et des portées différentes. Les axes précis, comme QR, WX et MN, auront une faible portée, tandis que les axes peu précis, comme OP, YZ et ST, auront une portée beaucoup plus grande.

Par ailleurs, la construction d'un tel radiophare donne lieu à quelques remarques intéressantes. Les courants de haute fréquence qui parcourent les bobines S_1. S_2 et S_3 ont été supposés en phase dans le temps, mais comme ces enroulements sont décalés de 120 degrés dans l'espace, l'onde porteuse résultante sera nulle. Pour la rétablir, on peut utiliser une antenne verticale accordée sur la longueur d'onde choisie, montée le long du pylone supportant les cadres et directement couplée avec le maître oscillateur.

D'autre part, les bobines S_1, S_2 et S_3 qui servent d'enroulement primaire et qui déterminent la direction des axes, ne sont pas perpendiculaires ; il se produira donc fatalement des effets d'induction entre eux, un blindage complet de tous les circuits n'est en effet pas possible à réaliser. Ceci aura pour effet de détruire, en grande partie, les propriétés des systèmes goniométriques et de mélanger dans chacun d'eux les trois fréquences de modulation.

Plusieurs dispositions permettent d'éviter ces couplages parasites : La première qui vient à l'esprit, consiste à introduire entre les circuits fixes un couplage inductif égal et de sens contraire au couplage parasite. Mais ce procédé, trop complexe, n'a pu être utilisé. On remarque que les deux inconvénients précités disparaîtraient, s'il était possible d'exciter seulement un seul enroulement fixe, à la fois. La solution employée par le *Bureau of Standards* est la suivante : La distribution de la puissance aux trois circuits est

assurée par un système alternatif triphasé, chacune des phases polarisant alternativement les grilles des tubes amplificateurs qui ne laissent passer le courant plaque, seulement pendant la demi-période positive de sa tension de polarisation. Dans ces conditions, un seul enroulement fixe se trouve excité à la fois. Il existe donc, grâce à ce procédé, trois ondes porteuses parfaitement indépendantes.

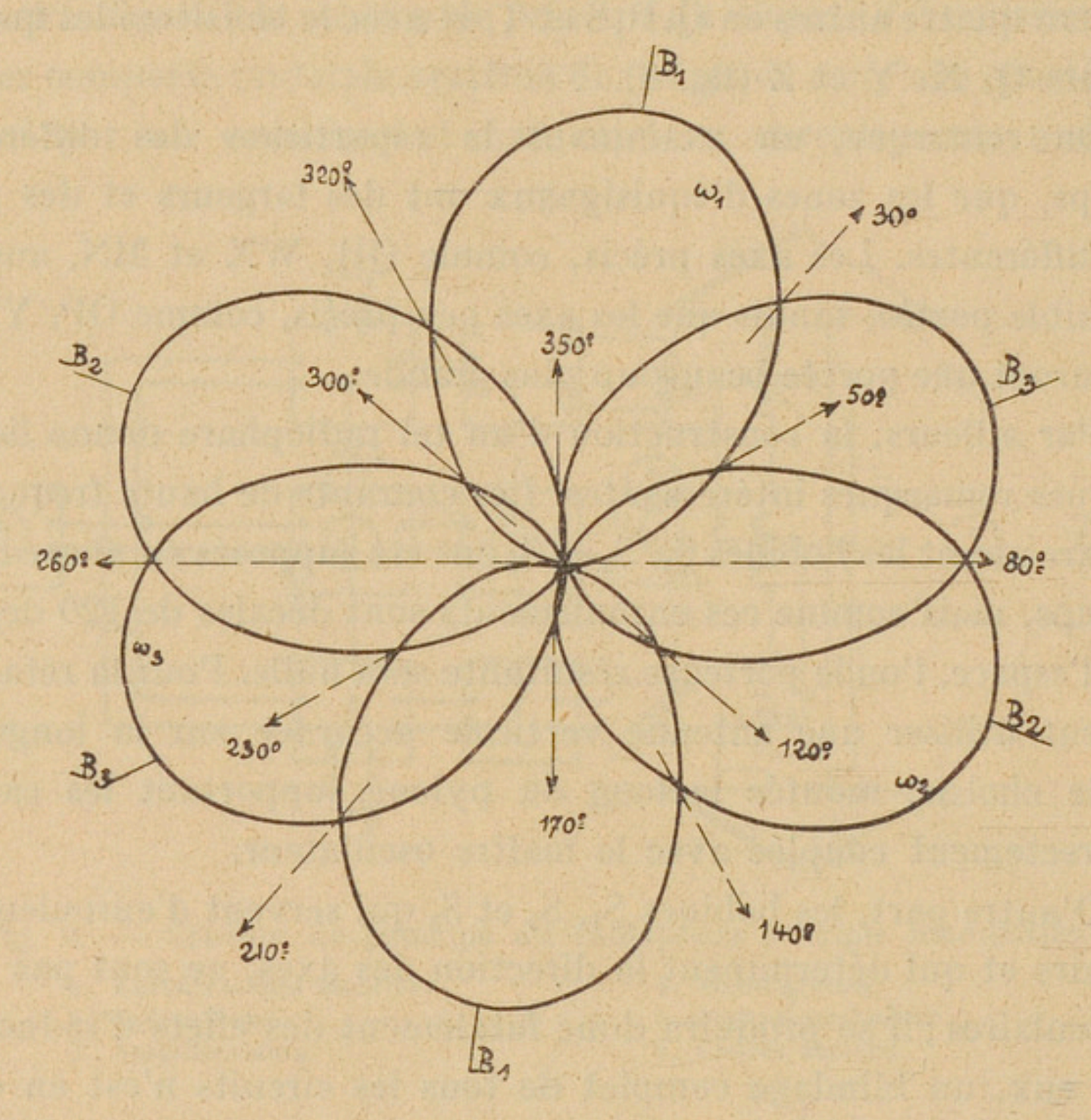


Fig. 10. — Diagramme à la réception montrant le déplacement des routes balisées quand on décale la bobine fixe B_2 de 20° par rapport à sa position normale.

Une première réalisation utilisait, pour la distribution de polarisation, un alternateur triphasé à fréquence musicale, mais ce procédé avait l'inconvénient de réduire considérablement la puissance du radiophare. L'alternateur fut alors remplacé par un montage donnant un courant triphasé à haute fréquence, cette source servant aussi bien de maître oscillateur que de système distributeur. Ce dernier dispositif présente le double avantage d'accroître notablement la puissance transmise par chaque branche de l'amplificateur

et de supprimer la fréquence audible. On remarque que, pour décaler les axes balisés de leur position normale à 30 degrés les uns des autres, il suffit de décaler les enroulements fixes à 120 degrés, d'une quantité convenable. La figure 10 représente le diagramme à la réception, lorsque le cadre fixe ω_2 est décalé de 20 degrés par rapport à sa position normale. Les courbes correspondant à ω_2 sont déplacées de 20 degrés, les huit alignements formés par l'intersection du diagramme correspondant à ω_2 avec les diagrammes correspondant aux enroulements ω_1 et ω_3, sont tous décalés de

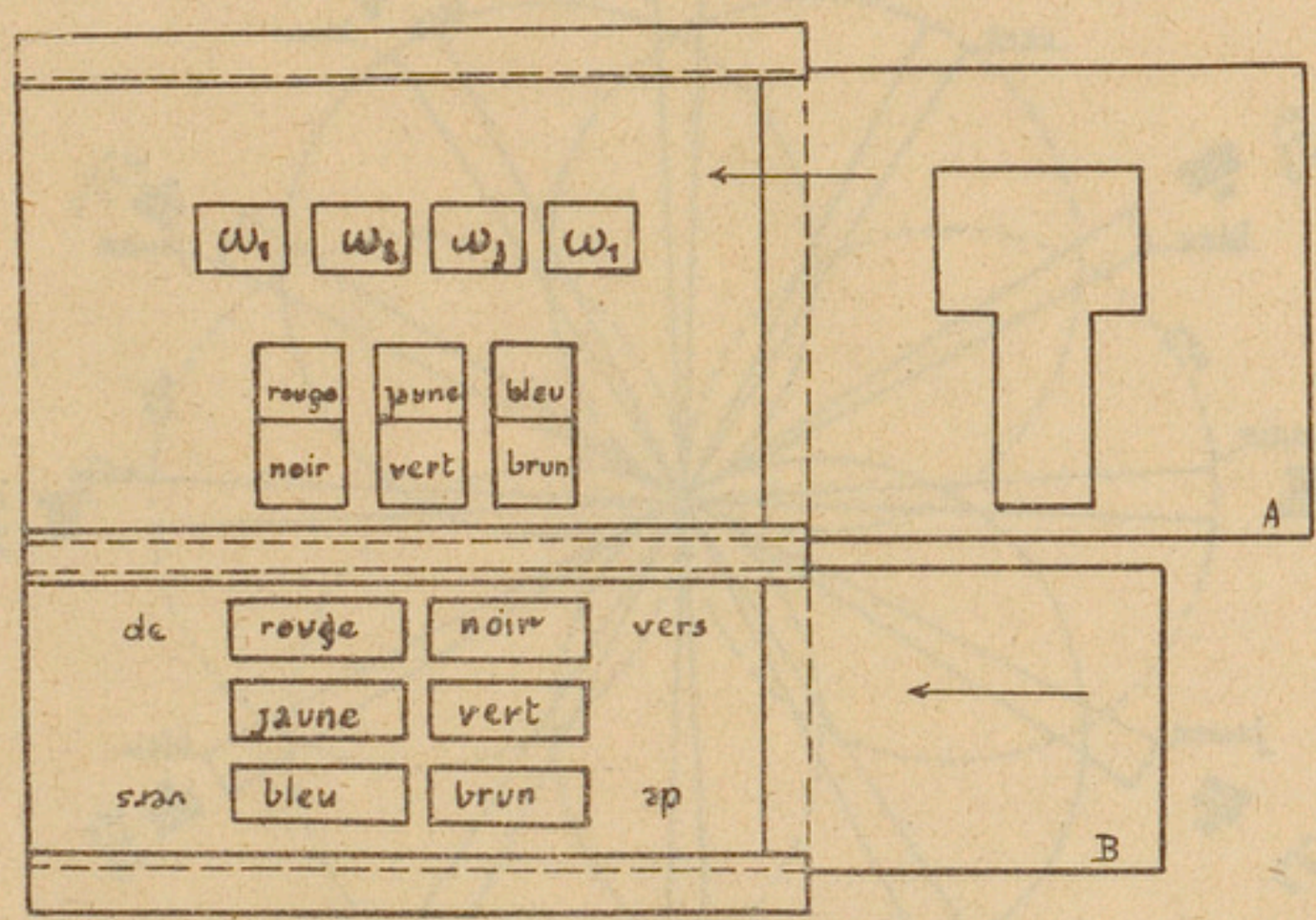


Fig. 11. — Schéma du cadran du récepteur à 12 routes, avec les volets tirés de façon à faire apparaître le système de couleurs et les fenêtres des voyants fixés à l'extrémité des lames vibrantes.

10 degrés dans la direction de ω_2, tandis que les quatre alignements correspondant à ω_1 et ω_3 restent dans leur position normale. Il est facilement concevable qu'on peut diriger absolument à volonté les axes balisés en jouant ainsi sur les cadres fixes.

Pour éviter l'emploi de trois récepteurs à lames, le *Bureau of Standards* a étudié un appareil unique, basé sur le même principe, qui indique au pilote : s'il se trouve sur l'un des douze faisceaux; s'il s'est écarté de sa route et approximativement de quelle quantité; s'il est perdu, quel est le faisceau le plus près de lui et enfin, s'il s'éloigne ou se rapproche du radiophare.

Cet appareil comprend trois lames vibrantes accordées respectivement sur les fréquences ω_1, ω_2 et ω_3 employées par l'émetteur, et construites en métal invar pour les soustraire à l'action de la température. Ces lames sont polarisées par un aimant permanent. Chacune d'elle est pourvue d'un groupe séparé d'électro-aimants d'un modèle analogue à ceux des téléphones, branchés

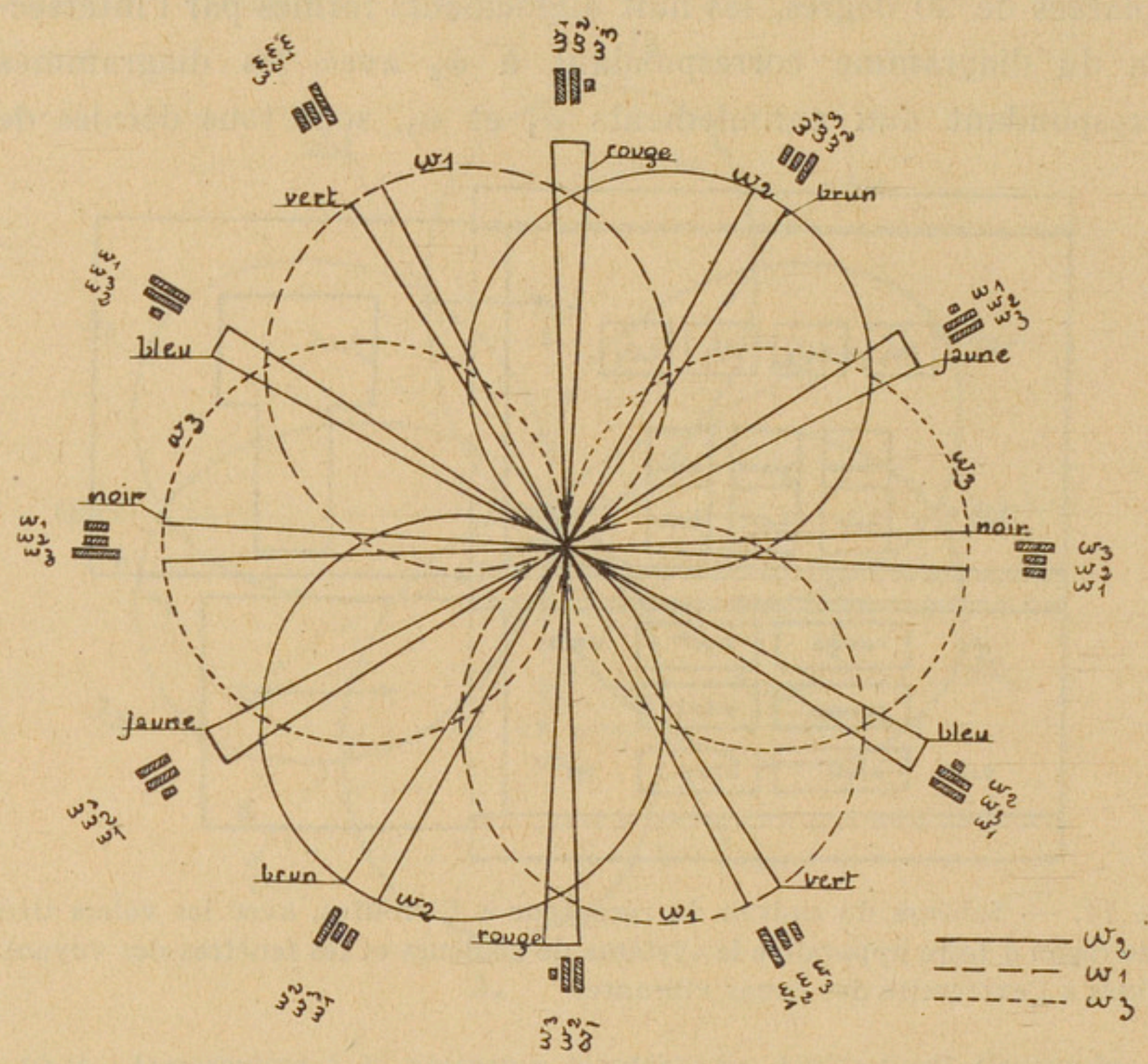


Fig. 12. — Caractéristique de transmission d'un radiophare à douze directions.

directement à la sortie du récepteur de bord. La lame ω_1 comporte deux voyants placés comme l'indique la figure 11.

Un volet A peut glisser devant les voyants fixés aux extrémités des lames et devant les groupes de couleur (fig. 11 et 13), de façon que le pilote n'ait toujours devant les yeux qu'un groupe de deux voyants et de deux couleurs. Un second volet B est prévu devant un second système de couleurs, de manière à simplifier l'usage de l'indicateur et à faire connaître immédiatement si l'avion s'éloigne ou se rapproche du radiophare.

Le pilote, qui a devant lui une carte où les faisceaux du radiophare sont inscrits en couleurs (fig. 12), devra d'abord placer les deux volets de manière à faire apparaître la même couleur que celle qui est indiquée sur la carte pour la route à suivre ; tourner ensuite l'indicateur de manière à placer les marques *s'éloigne* ou *s'approche* à l'endroit et en haut, selon qu'il désire voler en s'éloignant ou en

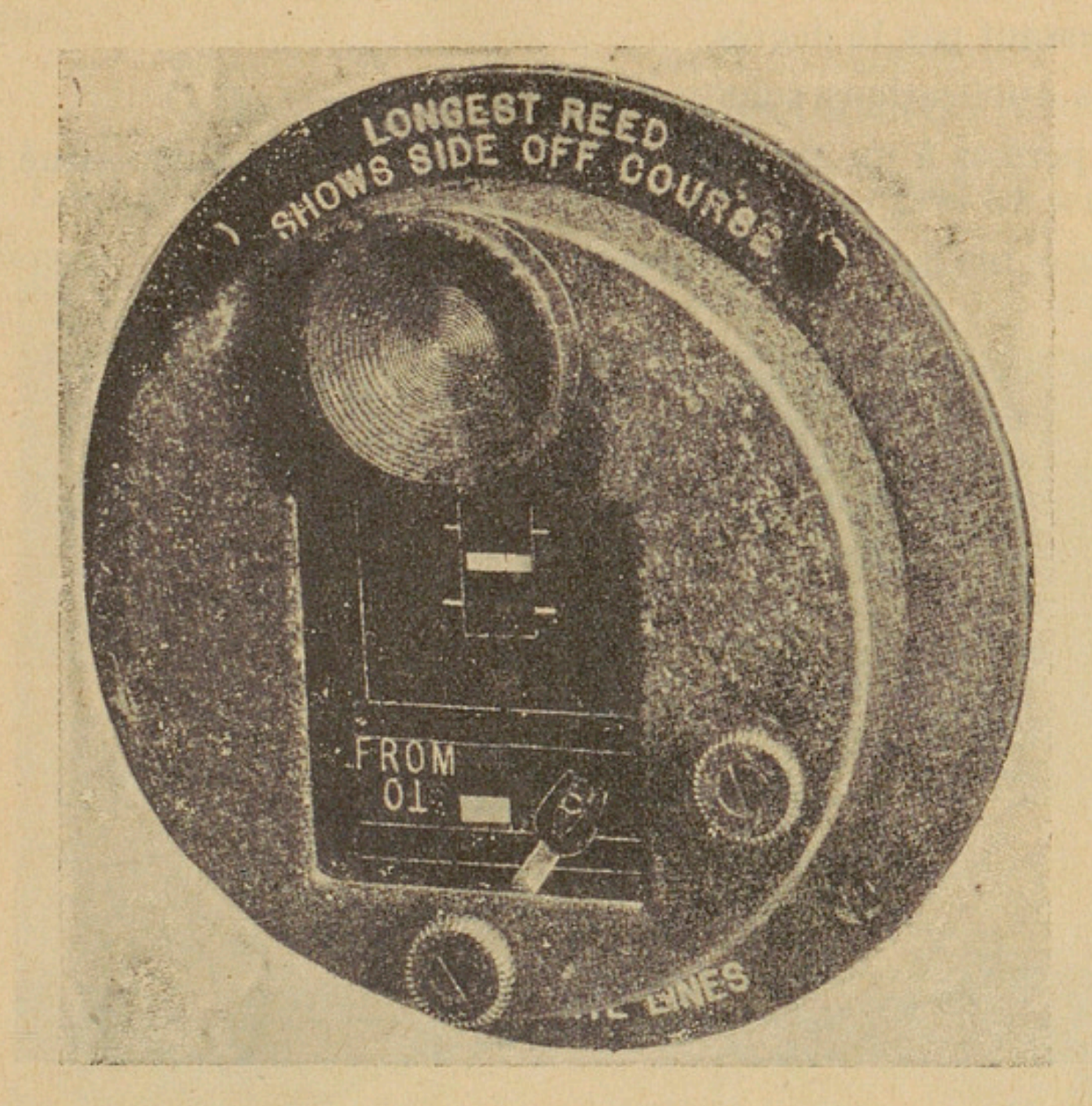


Fig. 13. — Récepteur à lames pour radiophare à douze routes.

s'approchant du radiophare ; dans ces conditions, la plus grande vibration indique le côté où l'on s'éloigne de l'axe choisi.

Enfin un petit appareil très ingénieux et fort simple, appelé *déviomètre*, complète l'équipement de l'avion relatif à l'utilisation des radiophares à champ fixe et à modulation basse fréquence.

Il permet au pilote, théoriquement, de suivre une route passant par le radiophare, absolument quelconque. Le principe de cet appareil consiste à faire varier la sensibilité relative des deux lames vibrantes correspondant à l'axe balisé. Dans sa forme la plus simple, le déviomètre est constitué par une résistance placée dans le

circuit d'excitation d'une des lames vibrantes. Cette résistance variable réduit à volonté la valeur du courant et par conséquent la sensibilité de la lame. La route déterminée par l'égalité des vibrations des deux lames se trouve donc déviée de la zone d'équisignaux, dans la direction de la lame amortie. Ce dispositif est gradué en degrés et fonctionne très correctement pour des écarts ne dépassant pas 15 degrés.

Ses applications sont nombreuses :

Il permet à un avion de se diriger sur un point non situé sur

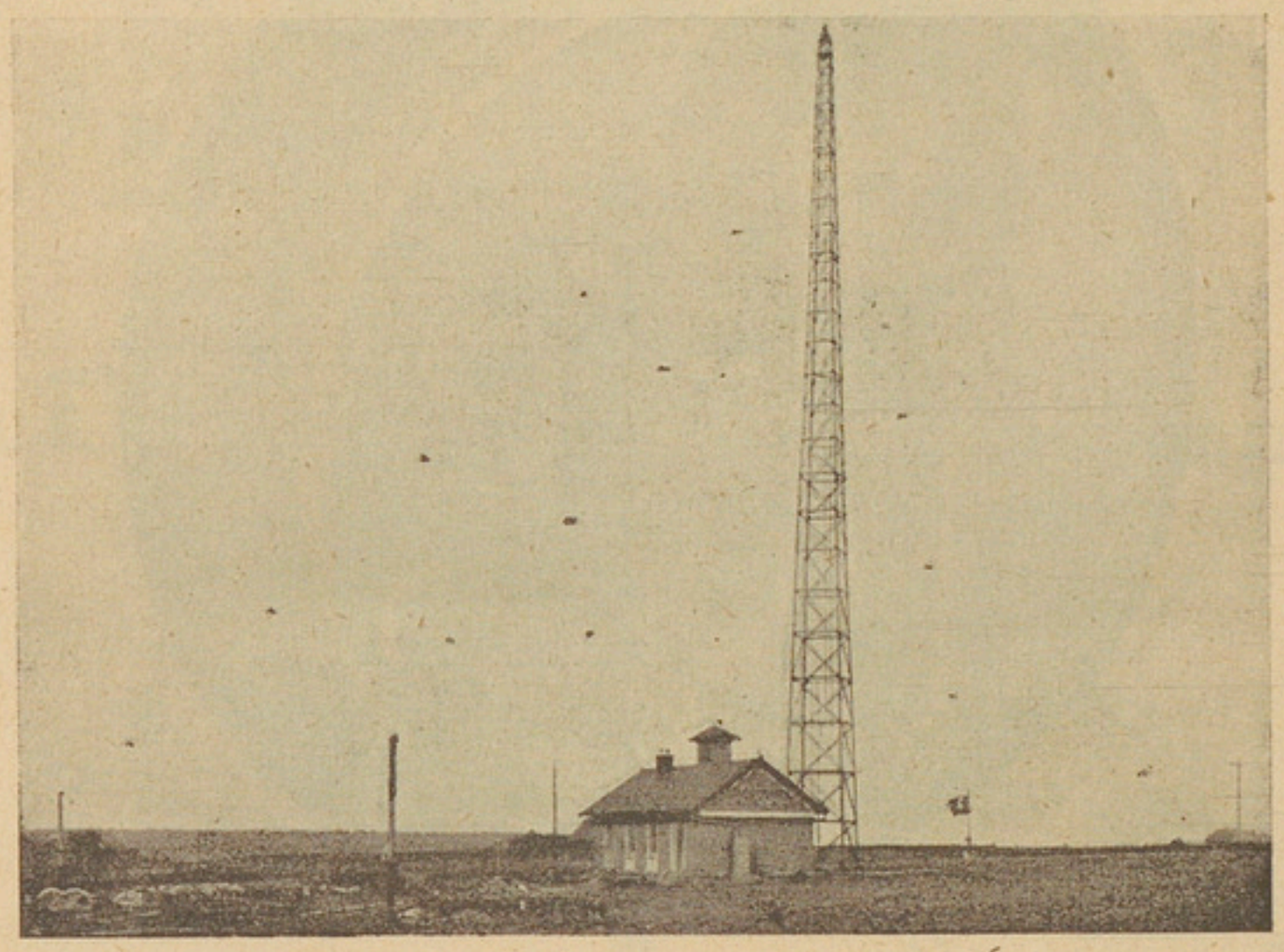


Fig. 14.

un axe balisé, aussi facilement que si ce point se trouvait exactement sur un axe. De plus, sur une route aérienne fixée par un radiophare, il devient possible de réduire les chances de collision entre avions par très mauvaise visibilité ; il suffit, en effet, de régler le déviomètre à quelques degrés de l'axe. Enfin, si l'avion peut recevoir deux radiophares de l'endroit où il se trouve, il pourra, grâce à cet instrument, relever son gisement par rapport à ceux-ci et par conséquent déterminer son point.

De nombreux essais en vol ont été effectués aux Etats-Unis, avec le radiophare à douze directions, depuis l'année 1929 ; ils

ont permis d'établir l'excellence de son principe et la sûreté de son fonctionnement. Dans les conditions moyennes de jour, les portées obtenues sont de l'ordre de 200 kilomètres sur les alignements faibles et 500 kilomètres sur les alignements forts.

Il faut noter cependant que l'emploi de ces radiophares nécessite un récepteur de bord spécial, à grosse amplification basse fréquence.

II. Les radiophares a champ tournant.

Les radiophares à champ fixe, qui sont à peu près les seuls utilisés pour la navigation aérienne, s'adaptent parfaitement aux lignes

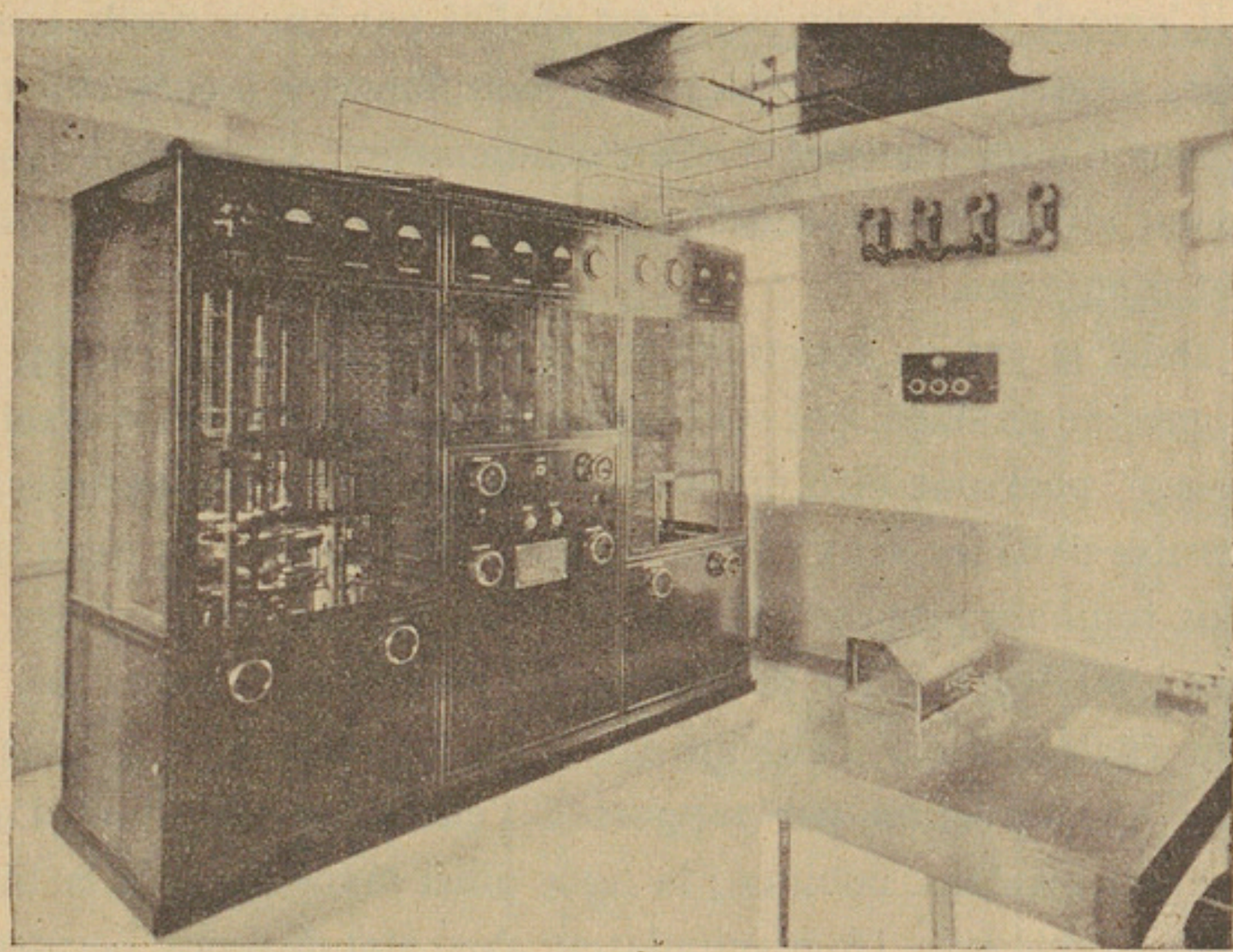


Fig. 14 *bis*.

de transports aériens, mais ils ne peuvent être d'aucune utilité aux avions empruntant un itinéraire quelconque.

Pour remédier à cet inconvénient, la Société française radioélectriquea réalisé un radiophare qui peut fonctionner, soit en champ fixe et baliser quatre directions par le même procédé que les dispositifs américains à signaux enchevêtrés, soit en champ tournant et permettre à n'importe quel avion, se trouvant dans les limites de portée, d'effectuer un relèvement.

1. Le radiophare S.F.R. type 150 A. (fig. 14 et 14 *bis*). — Ce radiophare comporte deux grands cadres aériens, de 50 mètres de hauteur et sensiblement perpendiculaires entre eux. Chacun d'eux est relié à deux ensembles de selfs : A_1 A_2, B_1 B_2, calées deux à deux à 90° (fig. 15). A l'intérieur des ensembles A_1 B_1, A_2 B_2, est montée une self de couplage orientable placée dans le circuit plaque des amplificateurs. Dans ces conditions, lorsqu'on excite une des selfs de couplage, tout se passe comme si l'ensemble des deux cadres aériens était remplacé par un cadre unique, ayant pour orientation celle de la bobine de couplage. L'émetteur comporte un circuit pilote et deux groupes de lampes amplificatrices.

L'accord de chaque cadre est réalisé par une série de condensateurs fixes, pouvant être couplés de différentes façons suivant la longueur d'onde choisie, et d'un condensateur variable d'appoint. Le point milieu des condensateurs est mis à la terre, afin de réduire l'effet d'antenne.

Dans le cas de fonctionnement du dispositif en champ fixe, les lignes de guidage, qui sont les bissectrices des plans des selfs de couplage, pourront être orientées dans les directions désirées. Les intensités dans les deux cadres aériens étant égales, ces deux lignes seront toujours perpendiculaires et si les bobines de couplage sont calées à 80 degrés l'une de l'autre, les portées sur chacun des axes seront égales. Il est d'ailleurs facile de favoriser au point de vue portée une direction par rapport à l'autre, en réduisant l'angle formé par les deux bobines ; la ligne ainsi favorisée sera la bissectrice de l'angle aigu. Un manipulateur avec plot de repos, permettant la contre-manipulation, excite alternativement, par fermeture des circuits grille, chaque groupe d'amplificateurs et par suite les cadres extérieurs qui émettent ainsi des signaux enchevêtrés : F et L par exemple.

Dans le cas de fonctionnement en champ tournant, les deux bobines de couplage sont reliées mécaniquement et entraînées à la même vitesse par un petit moteur à vitesse constante, et, si le réglage est correct, tout se passe comme si on avait un grand cadre tournant unique.

Un dispositif de manipulation, commun aux deux groupes

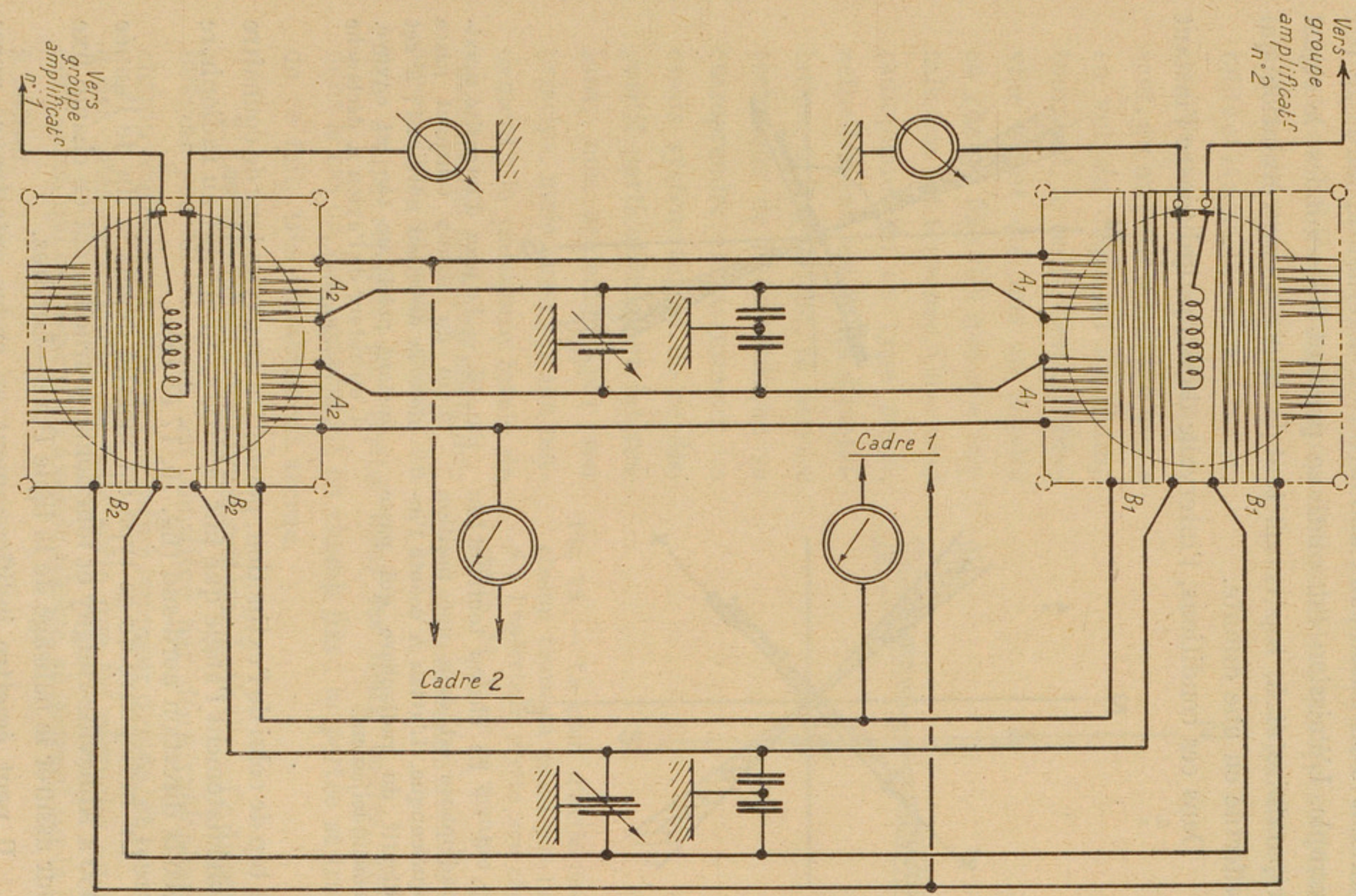


Fig. 15. — Dispositif de couplage des deux cadres du radiophare S F R type 150 A

d'amplificateurs et solidaire d'une des bobines tournantes, assure l'émission du signal préparatoire et du top, lorsque le plan du cadre tournant fictif passe dans une direction déterminée, nord-sud par exemple. L'émission est continue pendant 55 secondes, le signal préparatoire et le top complètent la durée d'une révolution qui s'effectue en une minute.

Dans ces conditions, l'intervalle de temps qui sépare l'instant

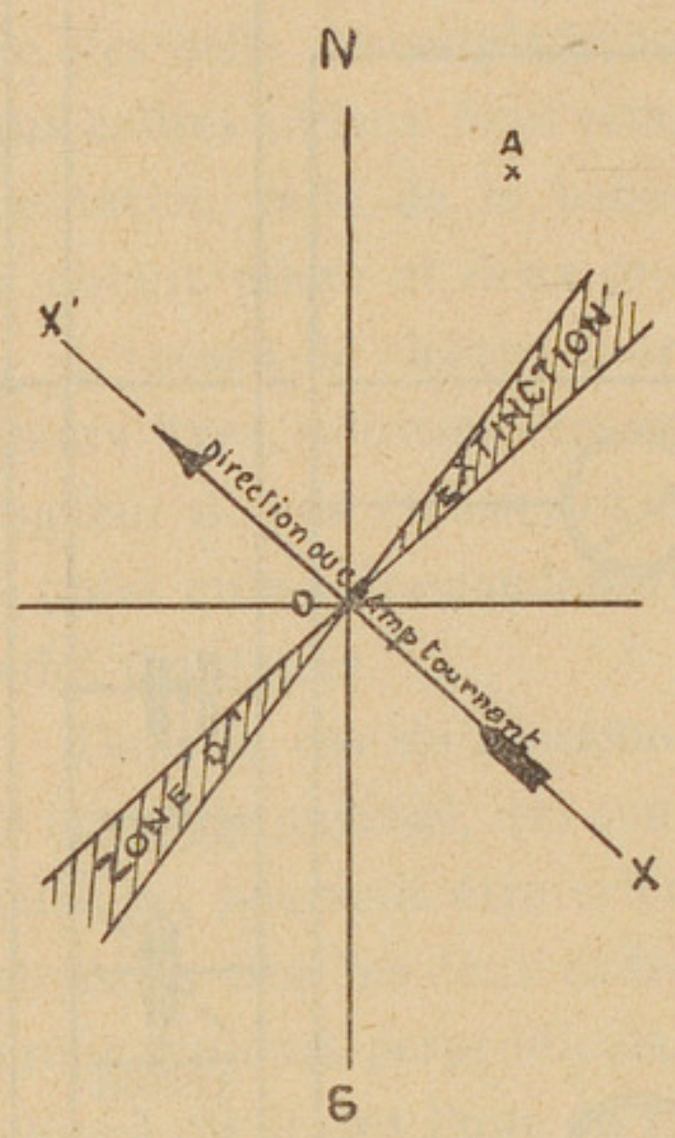


Fig. 16. — Le champ tournant du radiophare est dans une position quelconque. L'avion A écoute l'indicatif du radiophare qui passe continuellement.

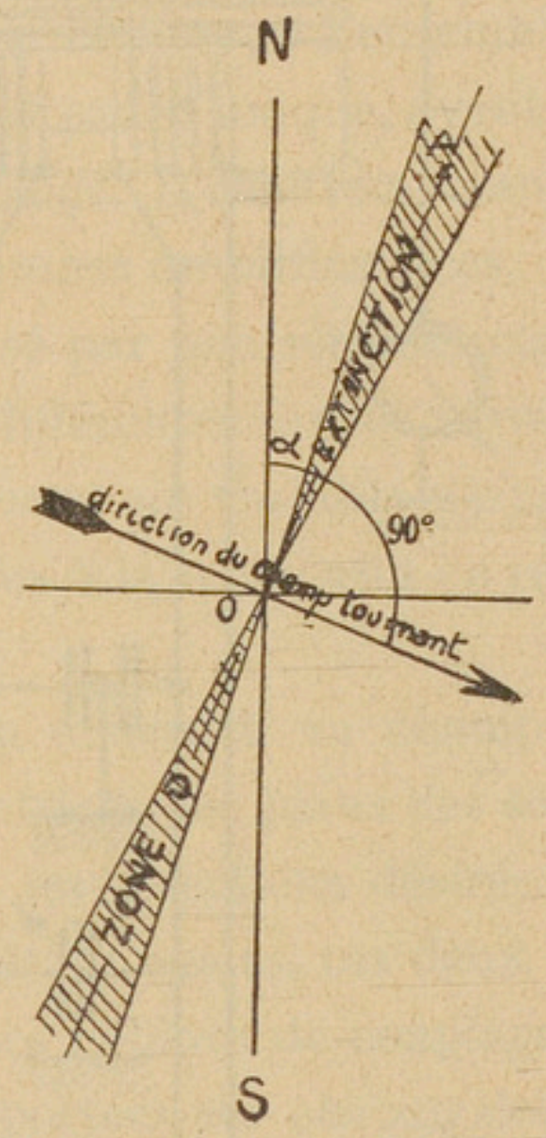


Fig. 17. — Le plan d'intensité maximum du champ tournant passe dans la direction nord-sud ; à cet instant précis un top est envoyé. L'opérateur de l'avion A déclanche son chronomètre.

du top de celui de l'extinction, permettra au navigateur de connaître immédiatement l'angle que fait la droite qui le joint au radiophare avec la direction nord-sud (fig. 16, 17 et 18).

Un radiophare de ce type est installé depuis la fin de l'année 1930 à Abbeville-Buigny et fonctionne journellement en champ fixe pour assurer le balisage de la ligne Paris—Londres.

Il peut émettre indifféremment en ondes entretenues pures ou en ondes entretenues modulés à 1200 périodes et donne une portée

de l'ordre de 500 kilomètres en ondes entretenues modulées. La largeur du chenal de guidage est d'environ trois kilomètres à 100 kilomètres de distance. Malheureusement, la présence de l'antenne du poste de T.S.F. de Buigny, qui a été installée à quelques mètres des aériens du radiophare, a apporté de sérieux troubles dans la stabilité et la netteté de l'axe balisé.

On n'a effectué, jusqu'à présent, qu'un petit nombre d'essais en vol du dispositif de champ tournant, le radiophare d'Abbeville ayant été mis en service en champ fixe dès que son installation fut terminée. Un second radiophare de ce type étant, actuellement, en cours d'installation, à Bar-le-Duc, le Service technique de l'aéronautique va entreprendre incessamment les essais systématiques de ce dispositif particulièrement intéressant, non seulement par son principe, mais aussi par son rendement ; la puissance totale de l'installation étant, en effet, dissipée dans un seul cadre, au lieu d'être répartie par moitié dans les deux cadres, comme dans le cas du fonctionnement en champ fixe ; la portée se trouve, de ce fait, très sensiblement accrue.

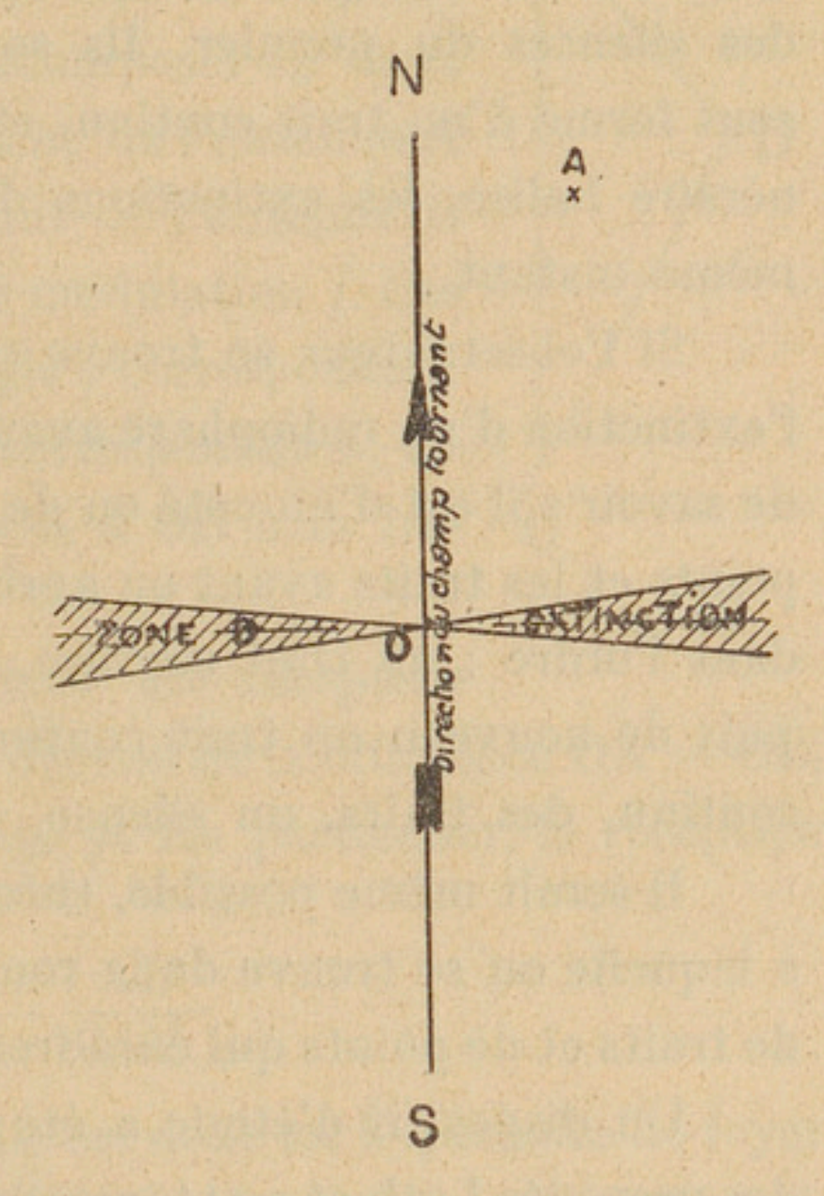


Fig. 18. — Le plan d'extinction du champ tournant passe par l'avion A ; l'opérateur arrête son chronomètre. Si N est le nombre de secondes ainsi mesuré : $\alpha = \frac{N-15}{6}$.

2. Les radiophares conjugués système Loth (1). — Ce dispositif, imaginé par M. W. Loth, est constitué par deux radiophares à champ tournant accordés sur la même longueur d'onde, et tournant à des vitesses variables, de telle sorte que les normales au plan des cadres, qui définissent les axes de silence, se coupent sur la ligne à baliser.

1. *L'Onde électrique*, nos 95-96-108.

Deux cadres, tournant au synchronisme, mais avec des vitesses instantanées variables, peuvent aussi définir une ligne absolument quelconque.

Les deux radiophares émettent des signaux complémentaires, par exemple l'un des traits et l'autre des points dans l'intervalle des silences du premier. Ils sont donc entendus simultanément sous forme d'un trait continu, et si le récepteur se trouve sur l'itinéraire balisé, les extinctions des deux phares se produisent au même instant.

Si l'observateur se trouve en dehors de l'itinéraire, il perçoit l'extinction d'un radiophare avant l'autre et, de plus, il a le moyen de savoir s'il est d'un côté ou de l'autre, en observant s'il reçoit les points et les traits avant ou après le silence ; d'un côté il percevra, dans l'ordre : un trait continu, des points, un silence, des traits, puis de nouveau un trait continu ; de l'autre il recevra : un trait continu, des traits, un silence, des points, puis un trait continu.

Il serait même possible, théoriquement, d'apprécier la distance à laquelle on se trouve de la route balisée, en comptant le nombre de traits et de points qui encadrent le silence.

Un dispositif d'étude a été réalisée par la société industrielle des procédés Loth et a été installé sur le terrain de Vaux.

Les services techniques de l'aéronautique effectuent actuellement les essais en vol de cette maquette afin de déterminer la valeur pratique du dispositif, et la Société a engagé des pourparlers avec le ministère de l'air pour baliser, suivant ce principe, la ligne aérienne Paris—Strasbourg.

III. Les radiophares a champs interférents.

Ces radiophares, dont le principe a été imaginé par le commandant Aicardi, sont construits par la Société anonyme des ondes dirigées, et ont pour but de baliser un itinéraire en ligne droite.

Ils sont essentiellement constitués par deux antennes A et B. accordées sur la même longueur d'onde et placées à faible distance l'une de l'autre. L'antenne A émet des ondes entretenues pures de longueur d'onde λ. L'antenne B émet, après les avoir modulées

à la fréquence f, les ondes qu'elle reçoit de l'antenne A, soit directement (elle se comporte alors simplement, comme un miroir), soit par l'intermédiaire d'un conducteur métallique (elle rayonne alors une énergie beaucoup plus grande).

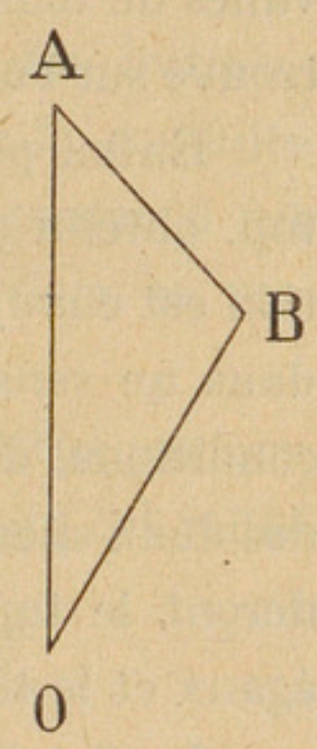


Fig. 19.

Dans ces conditions, le champ reçu en un point quelconque de l'espace, peut se décomposer en deux vecteurs : l'un $\overline{OA}$ (fig. 19) provenant de l'antenne A est constant, l'autre $\overline{AB}$, provenant de l'antenne B varie de 0 à AB à la fréquence de modulation f. Ces deux vecteurs ont entre eux un angle φ correspondant au déphasage des deux champs correspondants. Le champ résultant varie donc de OA à OB à la fréquence f.

L'intensité de réception, dans un récepteur accordé sur la longueur d'onde λ, dépend de la différence OA — OB, qui elle-même dépend du déphasage φ. En particulier, la réception est nulle lorsque :

$$\cos \varphi = - \frac{AB}{2\,OA}.$$

Le lieu des points de réception nulle est donc les hyperboles de foyer A et B qui constituent les lignes nodales du champ interférentiel. En choisissant convenablement les constantes du système, on peut pratiquement réduire ce lieu à la perpendiculaire au milieu de AB

L'axe balisé se trouve ainsi parfaitement défini par une ligne (ou plus exactement un plan vertical) de réception nulle.

Il faut noter ici une supériorité importante de ce dispositif sur ceux qui, en général, utilisent la méthode de zéro, au point de vue de la sensibilité ; celle-ci est, en effet, bien meilleure, car le silence est simplement dû à la disparition de la modulation et non à la disparition du champ total qui n'est jamais nul.

Pour rendre les observations plus faciles, un dispositif spécial donne à la ligne nodale un balancement périodique. Ce dispositif est constitué par un condensateur tournant qui fait varier périodiquement (dans de faibles limites) la longueur d'onde propre de l'antenne B et par conséquent le déphasage φ. Il en résulte un changement de position de la ligne nodale, de part et d'autre de l'axe

balisé. Un observateur entendra donc l'émission modulée continuellement, sauf au moment du passage de la ligne nodale ; si les intervalles de temps qui séparent deux silences sont égaux, c'est qu'il se trouve sur l'axe.

Enfin, pour repérer un côté de l'axe par rapport à l'autre, un top, obtenu par une variation brusque de la fréquence de modulation est envoyé au moment précis où la ligne nodale passe par l'axe, dans un sens déterminé (soit donc une fois sur deux). Dans ces conditions, d'un côté de l'axe, l'observateur entendra le top suivi des deux silences, tandis que de l'autre côté, les deux silences précèderont le top ; sur l'axe, les intervalles entre les silences seront égaux et le top ne sera pas perçu.

La S.A.D.O.D. a mis au point un récepteur visuel qui matérialise ces indications sous les yeux du pilote : une lampe blanche s'allume lorsque l'avion se trouve sur l'axe, une lampe verte s'allume s'il est à droite, et une lampe rouge s'allume s'il est à gauche.

Deux radiophares d'étude ont été réalisés : l'un à Bois-d'Arcy pour le compte des Services techniques de l'aéronautique, et l'autre au Havre pour le compte de la Marine marchande.

Les essais effectués sur ces prototypes ont donné d'excellents résultats tant sur bateau qu'à bord d'avion. Le radiophare de Bois-d'Arcy est constitué par un émetteur de 250 watts fonctionnant sur 60 mètres de longueur d'onde, et de deux antennes de 8 mètres de hauteur, distantes de 45 mètres. L'ouverture de l'angle de balayage est de 10 degrés et la période de balancement, de deux secondes. La portée, à bord d'avion, donnée par cet appareil est d'environ 100 kilomètres avec une précision de l'ordre du degré.

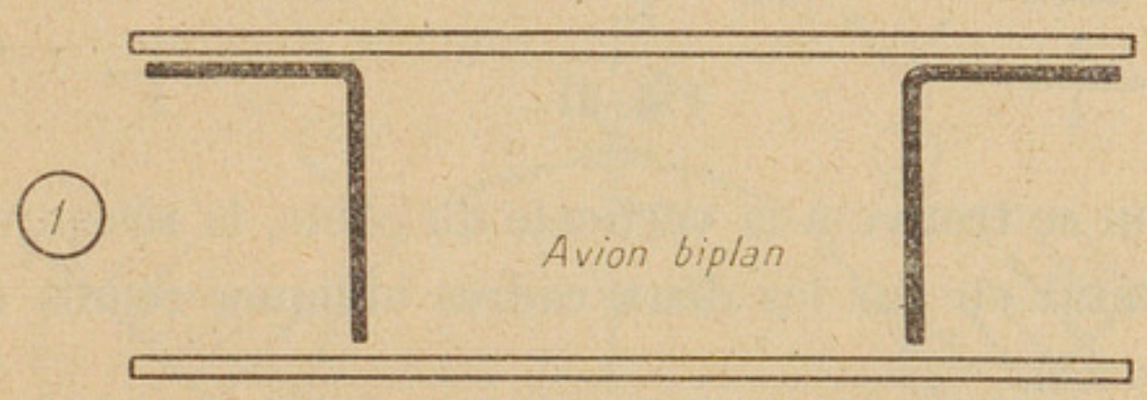
Un radiophare Aicardi, d'une puissance de 2 kilowatts, a été mis en commande par le ministère de l'Air, pour baliser la ligne Marseille—Alger ; il sera installé à Carro, sur la côte de la Méditerranée.

Deux autres radiophares du même type, mais de puissance moindre, sont actuellement en cours d'installation sur les lignes de l'Aéropostale.

IV. Les cables de guidage.

Le procédé de guidage par câble, système Loth, fut initialement expérimenté par le ministère de la marine pour la conduite des navires dans les passes difficiles et à l'entrée des ports ; il fut ensuite étudié par les Services techniques de l'Aéronautique en vue de son application à la navigation aérienne.

Dans sa forme la plus simple, le dispositif est constitué par une ligne unifilaire aérienne sur poteaux, dont une extrémité est reliée



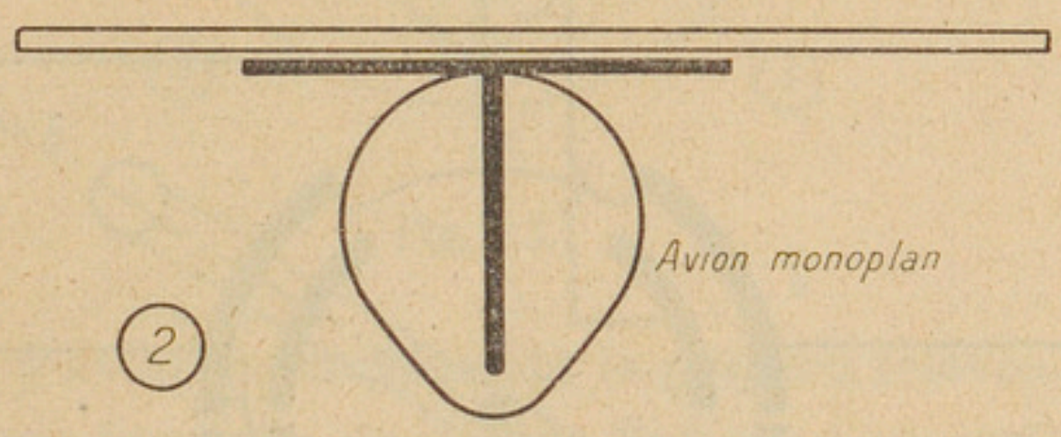


Fig. 20.

à la terre et l'autre à une source de courant alternatif de fréquence musicale, également réunie à la terre. Cette ligne engendre autour d'elle un champ magnétique dont les lignes de force ont une direction bien définie. L'écoute se fait à l'aide de la partie basse fréquence du récepteur de bord, par l'intermédiaire de deux cadres fixes, accordés sur la fréquence d'alimentation du câble. Ces cadres peuvent être disposés sur l'avion de deux façons différentes qui donnent des résultats identiques (fig. 20).

1° L'un horizontal et l'autre vertical passant par l'axe longitudinal de l'avion.

2° Tous les deux inclinés à 45 degrés de part et d'autre d'un plan vertical contenant l'axe longitudinal de l'avion.

Dans les deux cas, un commutateur permet de connecter les cadres aux bornes de l'amplificateur, soit isolément, soit après les avoir réunis en série ou en opposition (fig. 21 et 22).

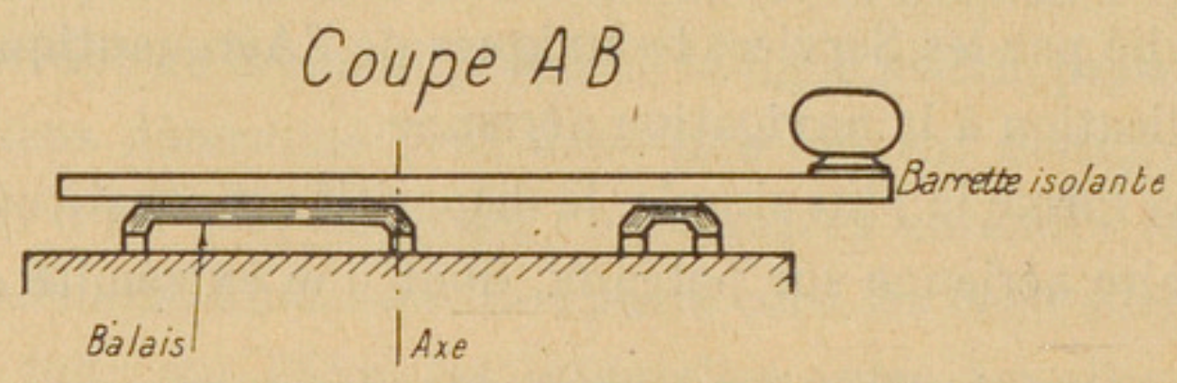


Fig. 21.

Si l'avion se trouve à la verticale du câble, la réception sur le cadre horizontal ou sur les deux cadres obliques réunis en série, est nulle (fig. 23).

Dans le cas où l'avion passe du secteur 1 dans le secteur 2 on

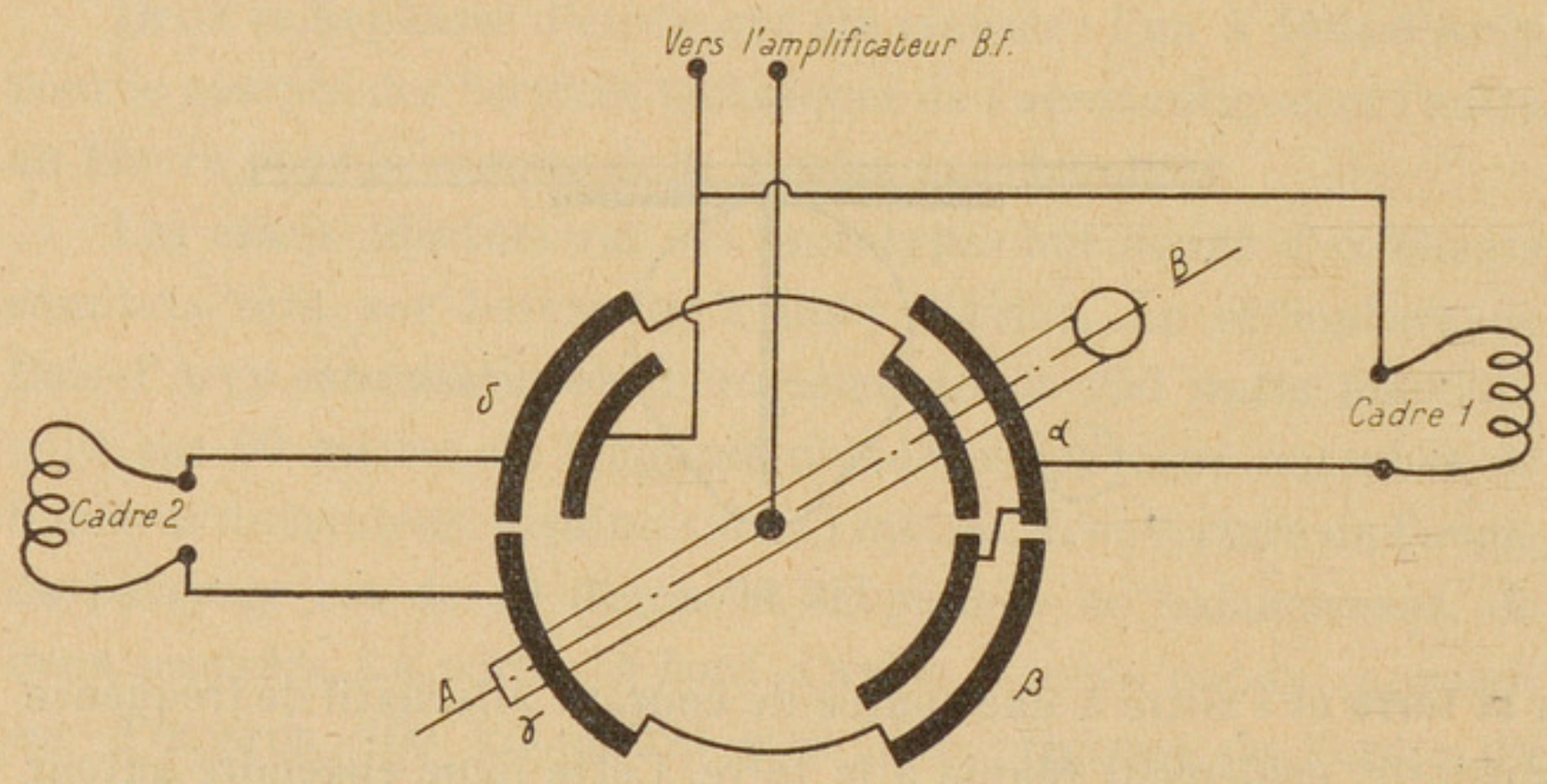


Fig. 22.

α : cadres 1 et 2 en série ;
β : cadres 1 et 2 en opposition ;
γ : cadre 1 seul ;
δ : cadre 2 seul.

remarque que les flux s'inversent dans le cadre horizontal ; par conséquent si le groupement des deux cadres suivant une certaine disposition correspond à la force électromotrice maximum aux bornes de l'ensemble dans le secteur 1, lorsqu'on inversera le sens

d'un cadre par rapport à l'autre, on diminuera la force électromotrice. Dans le secteur 2 on constatera le phénomène inverse.

Dans le cas des deux cadres obliques, la réception sur un cadre est plus forte que sur l'autre, suivant qu'on se trouve d'un côté ou de l'autre du câble.

La détermination de la position de l'avion par rapport au plan ou à la surface verticale passant par le câble étant déterminée par la composition des feux dans les deux cadres, on peut remarquer qu'en 1 et 3, 2 et 4 on trouvera des indications de même sens ;

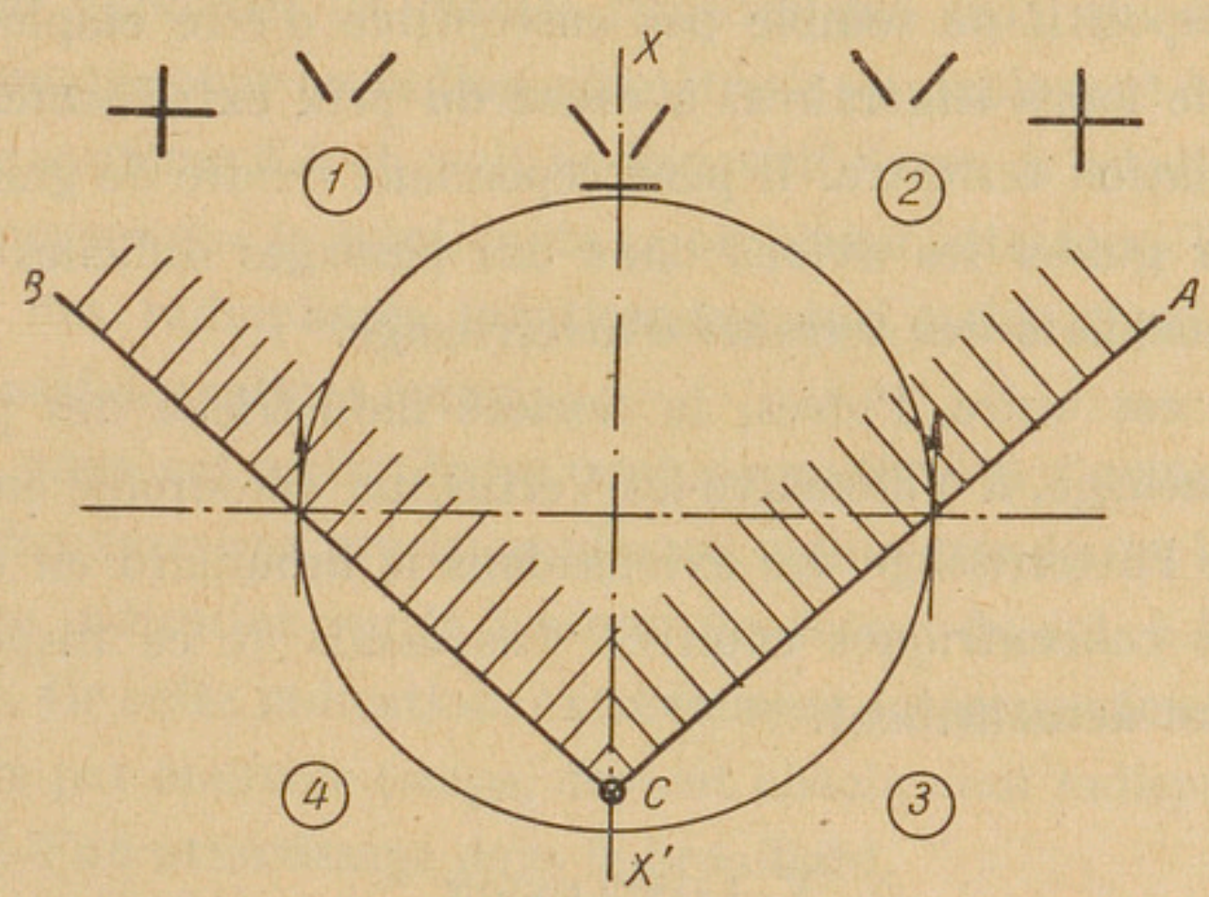


Fig. 23.

il pourra donc y avoir imprécision sur la position relevée. Il se produit, en effet, une inversion du sens du flux sur deux surfaces ayant pour trace CA et CB. Elles font entre elles un angle de 90 degrés environ, et représentent le lieu des points de contact des tangentes verticales aux lignes de force du champ magnétique. On peut identifier facilement ces deux *faux câbles* en faisant l'écoute sur un seul cadre ; on remarque en effet que si la réception sur cadre horizontal est nulle à la verticale du câble, elle est maximum sur les *faux câbles*, et que l'inverse se produit si on effectue l'écoute sur le cadre vertical seul.

Les essais effectués par les Services techniques de l'Aéronautique ont montré qu'il était possible de suivre à l'écoute le câble avec une grande précision (à 500 mètres d'altitude on ne s'éloigne pas

à plus de 50 mètres de part et d'autre de la verticale du câble). Un câble de 20 kilomètres de long parcouru par un courant de 1000 périodes et de 1,5 ampère d'intensité est entendu à 5000 mètres d'altitude et jusqu'à 3 kilomètres de part et d'autre.

Deux câbles de guidage pour avions existent actuellement en France : l'un qui sert aux essais des Services techniques de l'Aéronautique entre Ablis et Chartres, l'autre qui est destiné à guider les avions de transport sur l'aéroport du Bourget, entre Le Bourget et Luzarches.

Ce dispositif ne semble pas susceptible d'être employé pour jalonner de longs itinéraires, à cause du prix extrêmement élevé de l'installation terrestre. Il peut cependant rendre de grands services pour guider les avions dans des passages difficiles ou aux abords immédiats des terrains d'atterrissage.

Dans cet ordre d'idées, la Société industrielle des procédés Loth a aménagé, à Villeneuve-les-Vertus, un aérodrome en vue de l'étude de l'atterrissage des avions dans le brouillard en utilisant des câbles concentriques enterrés. Les essais de ce dispositif se poursuivent actuellement.

V. Conclusion.

Le balisage par radiophares constitue, pour la navigation aérienne, un élément de sécurité tout à fait remarquable, dont le développement ne fait que commencer. Son évolution, ayant été en général déterminée par les nécessités du moment, à suivi une marche assez irrégulière. Tout d'abord, pendant la guerre, les nombreuses missions aériennes, envoyant les avions sur des itinéraires quelconques, firent naître des radiophares susceptibles d'être utilisés dans tous les azimuths ; puis, en même temps que se développèrent les lignes de transports aériens, empruntant toujours des itinéraires fixes, apparurent des radiophares balisant des alignements fixes ; enfin, les lignes aériennes se multipliant et le balisage de tous les itinéraires qu'elles empruntent devenant pratiquement impossible par le seul emploi des radiophares fixes, on tend maintenant à revenir aux radiophares tournants

qui peuvent être utilisés par tous les avions, civils et militaires.

Dans tous les cas, la diversité des appareils réalisés jusqu'à ce jour permet, dans chaque cas, de choisir le type de radiophare qui s'applique le mieux au but poursuivi.

Néanmoins, de nombreux progrès sont encore à réaliser dans ce domaine et plusieurs problèmes restent encore sans solution pratique. En effet, les radiophares décrits ci-dessus, dont le fonctionnement est correct de jour, deviennent inutilisables de nuit par suite des phénomènes de réflexion et de polarisation des ondes. On envisage de leur appliquer les mêmes remèdes que ceux qui ont déjà été expérimentés pour les radiogoniomètres : en employant à l'émission, soit le système Adcok, soit le dispositif Serre. Il est d'ailleurs permis de penser que la solution de ce problème entraînera le développement des radiophares fonctionnant sur ondes courtes, qui souffrent aussi des mêmes maux.

Enfin, tous ces radiophares, qui permettent à l'avion de se situer *en plan* avec une précision plus ou moins grande, ne lui donnent aucune indication sur la hauteur au-dessus du sol, à laquelle il se trouve. Or cette indication, extrêmement intéressante au cours d'un voyage par mauvais temps, devient absolument indispensable au moment d'un atterrissage dans le brouillard.

L'ALIMENTATION DIRECTE DES MULTIPLES PAR GÉNÉRATRICES TÉLÉPHONIQUES,

par H. FONTAINE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. Généralités.

L'emploi de batteries d'accumulateurs pour alimenter des organes exigeant un courant continu pur, a toujours présenté des inconvénients nombreux.

L'installation des batteries nécessite l'aménagement de locaux spéciaux, bien ventilés et de construction solide en raison des surcharges imposées aux planchers.

De plus, les salles d'accumulateurs répandent souvent dans leur voisinage des vapeurs acides désagréables et corrosives. Enfin, du point de vue de l'exploitation, la surveillance et l'entretien demeurent coûteux et le rendement global reste toujours très faible.

Pour les petits débits, on a pu utiliser, sans grande difficulté, les sources imparfaites à courant continu : génératrices, redresseurs, etc... L'adjonction de cellules filtrantes permet d'affaiblir suffisamment les harmoniques gênants.

Pour les fortes intensités, le problème du filtrage se montre beaucoup plus ardu et c'est pourquoi les multiples téléphoniques, les postes émetteurs de T.S.F. et même le cinéma sonore (pour le fonctionnement silencieux des arcs de projecteurs) ont eu recours aux accumulateurs.

Il y a quelques années, les Services téléphoniques de Paris ont demandé à quelques constructeurs d'étudier un type de génératrices capables d'alimenter directement les multiples sans batteries interposées. Ces machines, dites « téléphoniques », devaient fournir un courant continu assez pur pour ne nécessiter aucun filtrage.

Les premiers essais (1) furent très encourageants et la génératrice téléphonique se construit aujourd'hui de façon courante.

Bien que l'objet de la présente note ne soit pas d'entrer dans le détail de la construction des machines, signalons rapidement quelques caractéristiques.

Les circuits magnétiques fonctionnent assez loin de la saturation et il en résulte des dimensions sensiblement plus grandes que pour une génératrice ordinaire de même puissance. De plus, les encoches, les cornes polaires font l'objet de soins particuliers.

L'ensemble collecteur-balais, en plus des difficultés normales relatives aux fortes intensités, doit répondre à des conditions très strictes de solidité. Les balais ont un effet microphonique considérable et toute vibration parasite se traduit par un bruit téléphonique.

Enfin, l'enroulement de l'induit est généralement fait en anneau ; notons cependant que des génératrices récentes, de très bonne qualité téléphonique, sont bobinées en tambour.

II. Avantages de l'alimentation directe (2).

La généralisation des machines téléphoniques a permis de réduire le nombre et la capacité des batteries d'accumulateurs. Leur suppression totale ne peut être envisagée pour des raisons de sécurité.

De plus, grâce aux régulateurs automatiques de tension adaptés aux génératrices, le voltage de 48 volts distribué au multiple

---

1. Dès 1925, plusieurs multiples de Paris étaient alimentés directement par des génératrices.

2. On trouvera dans des publications antérieures une documentation abondante sur la question.

Dans un rapport très détaillé, paru dans le *Bulletin de la S.F.E.*, n° 96, tome IX (août 1929), M. B. Salomon, ingénieur en chef à la direction des Services téléphoniques de Paris a étudié l'alimentation des grands centraux parisiens.

Plus récemment, un article de M. Chovet, ingénieur à la Section technique de l'Exploitation téléphonique expose, dans le n° 4 des *Annales des P.T.T.* (avril 1931), les idées actuelles sur l'organisation des ateliers d'énergie des grands centraux de province.

demeure constant à 1 % près, résultat impossible à obtenir avec une batterie, même munie d'éléments de réduction.

D'autre part, l'amélioration du rendement global est considérable. Il suffit de considérer le rendement d'un ensemble moteur-génératrice, ou mieux encore moteur et deux génératrices (rende-

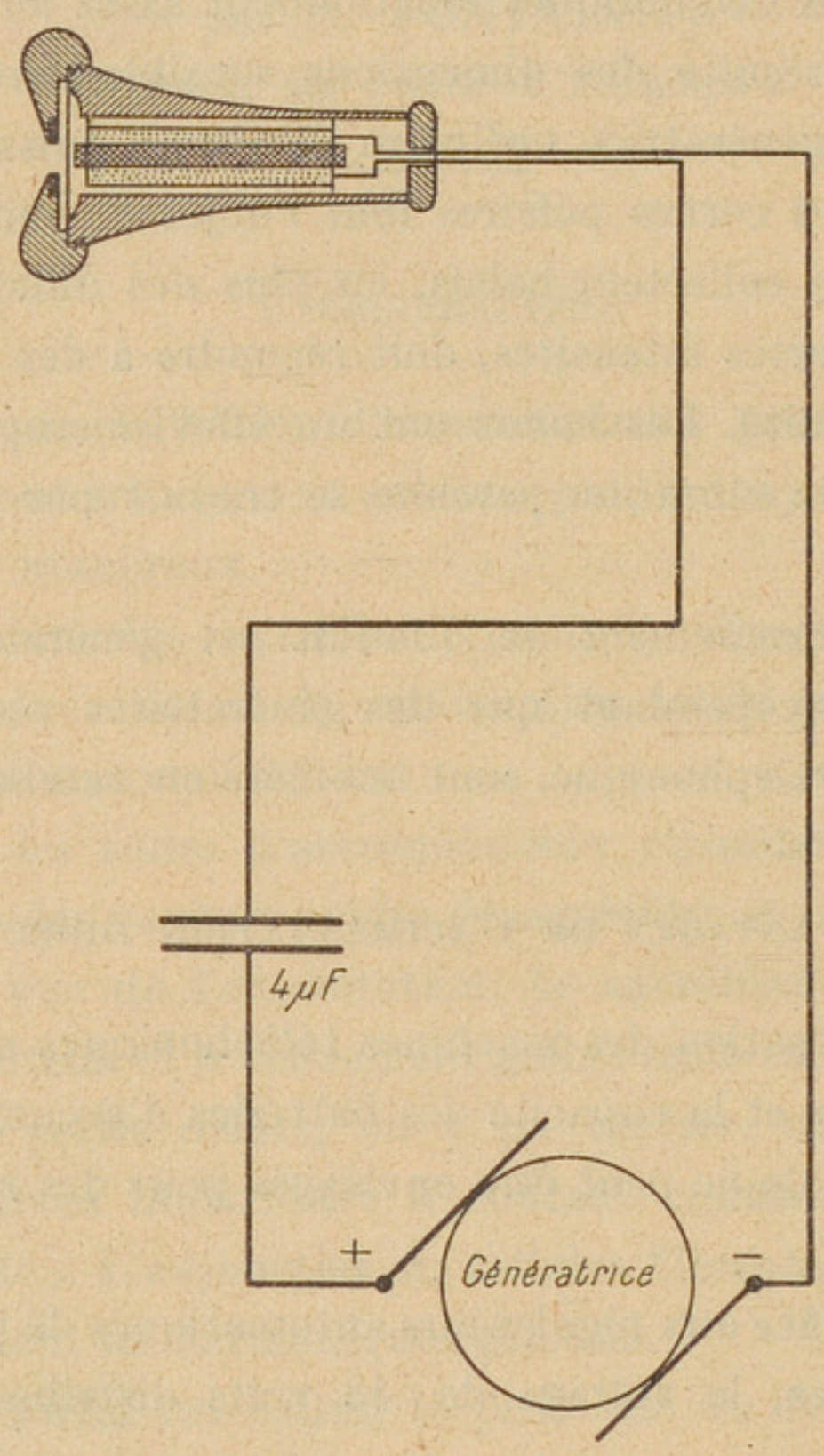


Fig. 1. — Procédé d'essai avec un écouteur condensé.

ment toujours supérieur à 0,7), pour apprécier le gain sur les anciennes installations à deux batteries mises successivement en charge et en décharge.

Les avantages qui viennent d'être énumérés deviennent surtout très importants pour les bureaux à fort trafic et à nombreux abonnés ; aussi, tous les bureaux de Paris, automatiques et anciens manuels, sont-ils équipés pour la marche en alimentation directe.

Dans ces conditions, il a semblé utile de préciser certains points

relatifs aux machines téléphoniques. Jusqu'à présent l'essai d'une génératrice consistait à faire écouter par une oreille exercée le bruit produit dans un téléphone branché en série avec un condensateur aux bornes de la machine (fig. 1). L'intensité et la hauteur des sons rendus permettaient d'évaluer la qualité téléphonique. Ce procédé, bien que donnant en général de bons résultats, semble faire intervenir dans de trop fortes proportions l'ouïe de l'opérateur et l'on a cherché à lui substituer une méthode plus scientifique.

Notons enfin, qu'une machine reconnue acceptable à l'écoute au moment des essais, peut donner lieu à des surprises si le schéma du multiple qu'elle alimente favorise la propagation de certains harmoniques.

Les études expérimentales entreprises par le Service des bâtiments et machines de la direction des Services téléphoniques de Paris ont donc été dirigées sur les points suivants :

a) définir d'une façon précise la qualité *téléphonique* d'une génératrice.

b) en déduire une méthode d'essai permettant de juger la machine alors qu'elle est en plate-forme, au moyen de mesures pratiques.

c) accessoirement, étudier quelques procédés susceptibles d'améliorer une alimentation défectueuse à partir de sources imparfaitement téléphoniques.

La présente note rend compte des essais effectués à ce sujet.

III. Dispositifs utilisés pour l'étude des génératrices téléphoniques.

Il s'agit d'apprécier les différentes tensions alternatives qui se superposent à la tension continue des génératrices. Ces tensions, une fois connues par leur fréquence et leur amplitude, sont à classer en différentes catégories. On distinguera, en effet, les fréquences qui se propagent bien jusqu'aux postes d'abonnés et les fréquences non nuisibles qu'on pourra tolérer dans une certaine mesure.

Il est donc indispensable d'évaluer l'amplitude et la fréquence des courants parasites. Cette condition suppose un appareil de

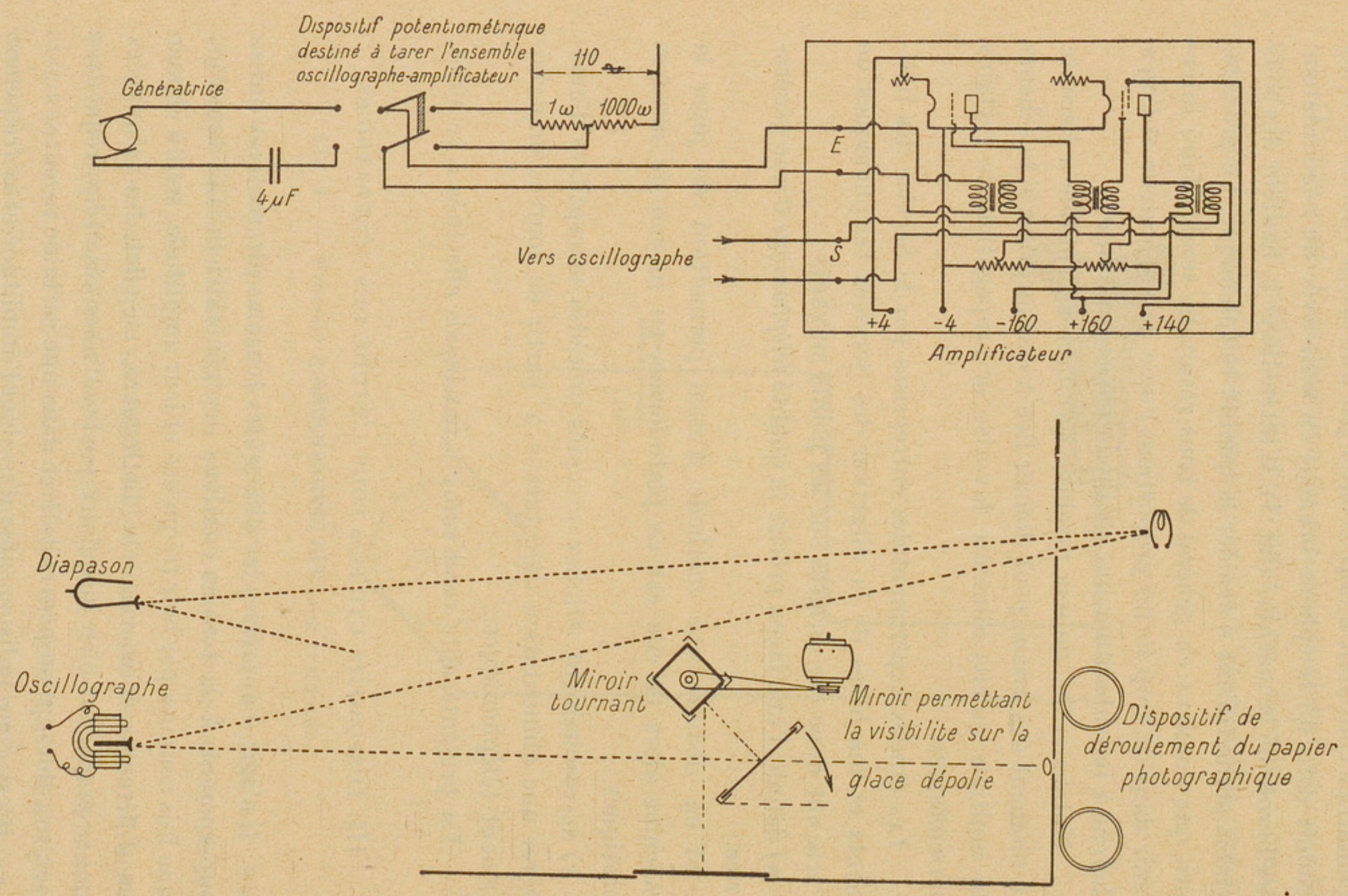


Fig. 2. — En haut : dispositif employé pour les relevés oscillographiques ;
En bas : principe de l'oscillographe.

mesure sélectif ou, mieux, encore capable de donner des indications faciles à analyser.

On peut penser utiliser un voltmètre redresseur, par exemple, à oxyde de cuivre. Employé sans précautions spéciales, cet appareil donne des renseignements assez vagues correspondant à l'ensemble des tensions alternatives ; de plus, étant sensible de la même façon aux fréquences nuisibles et non nuisibles, il ne permet pas de définir correctement la qualité téléphonique d'une machine. Enfin l'allure des courbes de tension des différents parasites s'éloigne, en général,

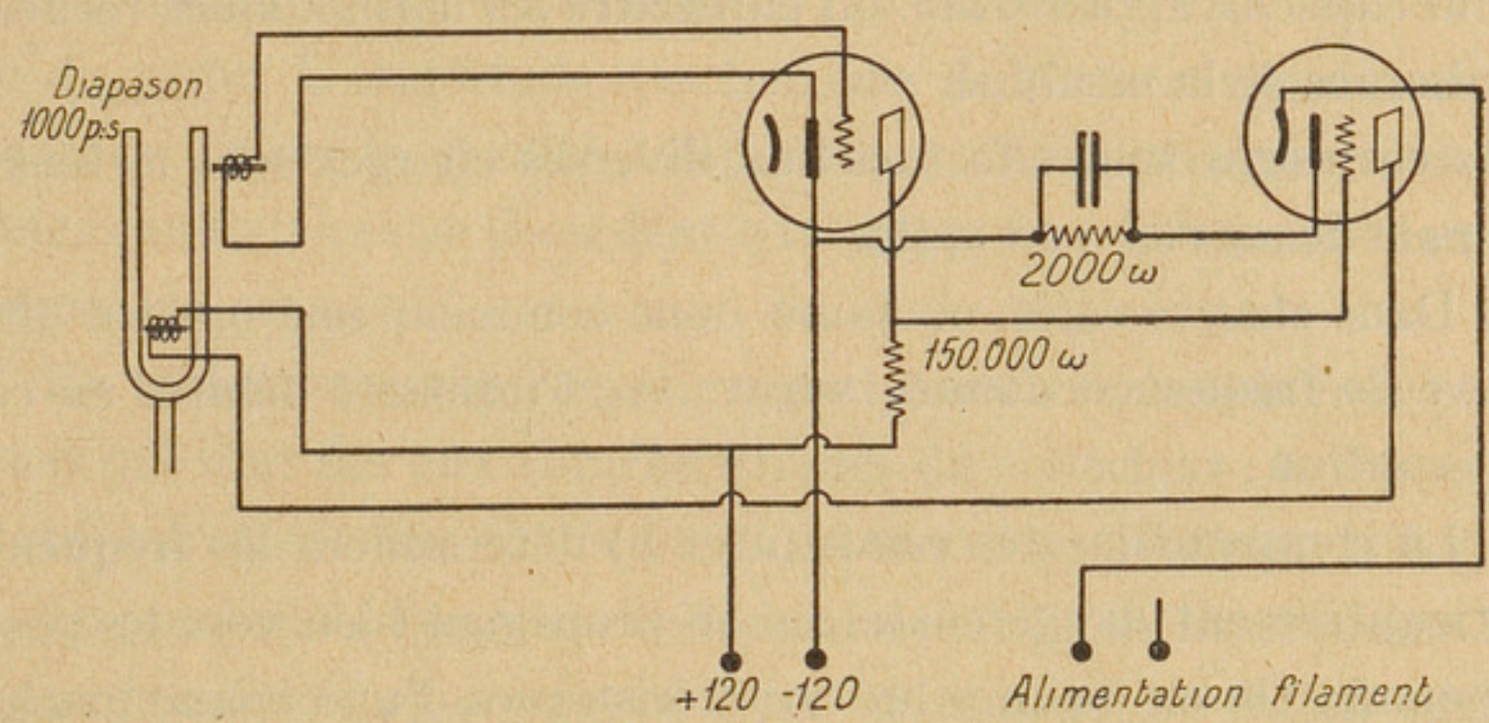


Fig. 3. — Entretien d'un diapason 1.000 p : s.

beaucoup de la sinusoïde, et les lectures faites au voltmètre redresseur à oxyde de cuivre sont faussées pour cette raison.

Nous verrons, dans la présente note, comment on peut employer, dans de bonnes conditions, cet appareil par ailleurs très commode et surtout très transportable.

Les génératrices téléphoniques ont donc été étudiées avec un oscillographe muni d'un amplificateur approprié. Le montage est en tout point analogue à celui qui a été décrit précédemment dans une note sur les canalisations. Le schéma (fig. 2 et 3) rappelle les principales dispositions. L'échelle des tensions est donnée par application d'une tension connue à l'entrée de l'amplificateur (méthode potentiométrique). L'échelle des temps résulte du graphique enregistrant les oscillations d'un diapason à 1.000 p : s. L'allure périodique des phénomènes enregistrés rend l'analyse assez facile, tout au moins pour les fréquences principales. Les tensions qui seront

indiquées par la suite correspondent toujours, sauf avis contraire, à une amplitude maximum exprimée en millivolts.

Le mode opératoire se ramène à trois séries de mesures :

a) La génératrice débite sur le multiple, on relève les tensions parasites aux bornes de la machine.

b) La génératrice, débitant toujours sur le multiple, on enregistre la tension parasite à l'extrémité d'une ligne d'abonné en position de conversation.

c) La génératrice débite sur une résistance pure, n'ayant ni self ni capacité appréciable, on enregistre les harmoniques recueillis aux bornes de la machine.

Tous ces essais sont effectués aux diverses charges sous la tension normale de service : 48 volts.

Dans chaque série, on saura donc comment une tension alternative de fréquence donnée varie avec l'intensité débitée en courant continu.

La comparaison des essais (a et b) déterminera les fréquences particulièrement dangereuses qui se propagent bien vers les postes d'abonnés. On en déduira les caractéristiques d'une bonne machine téléphonique.

Les essais de la catégorie (c) permettront de traduire en conditions précises les qualités d'une bonne machine téléphonique débitant, en plate-forme de réception, sur résistance pure.

Enfin, pour l'étude des quelques procédés de filtrage qui seront indiqués plus loin, on répètera sensiblement les mêmes essais.

IV. Résultats d'observation sur plusieurs types de génératrice (en débit sur multiple).

La méthode qui vient d'être indiquée a été appliquée à tous les types de génératrices téléphoniques actuellement en service dans les différents centraux de Paris. Des remarques générales se dégagent de l'ensemble des observations.

Au point de vue des fréquences, on peut distinguer trois catégories de tensions parasites.

Presque toutes les génératrices présentent, sur l'enregistrement

oscillographique, une tension alternative dont la fréquence correspond à la fréquence de rotation de l'induit. Pour les machines tournant à 1000 tours par minute cette fréquence a pour valeur $\frac{1000}{60} = 16{,}66$ p : s. L'amplitude varie suivant le degré d'équilibrage des rotors.

En deuxième catégorie, on note des fréquences qui valent 4, 6 et même 8 fois la fréquence précédente. En général une génératrice ne produit qu'une seule de ces fréquences et la plus répandue est sans aucun doute la fréquence 4 f ; f étant la fréquence de rotation du rotor. L'amplitude des tensions de cette catégorie semble bien caractériser la qualité téléphonique d'une machine ; les très bonnes génératrices ne possèdent que très peu ou même aucunement ce genre de parasite.

En troisième catégorie, se rangent tous les phénomènes périodiques qui sont liés aux caractéristiques du collecteur ; la fréquence est ordinairement très élevée par rapport aux oscillations déjà vues.

Le nombre de lames du collecteur étant p, on observe une fréquence principale pf ainsi que 2 pf. Le ressaut des balais semble intervenir fortement dans l'amplitude des oscillations de cette catégorie.

Sur les postes d'abonnés, on observe une bonne propagation des parasites de première, et surtout de deuxième catégorie ; les fréquences classées dans la troisième catégorie sont reçues très faiblement et même souvent demeurent imperceptibles.

Lorsqu'une génératrice débite sur résistance pure, on note une réduction des amplitudes pour les tensions de première et de deuxième catégories ; en troisième catégorie, les amplitudes s'accroissent.

Il convient de remarquer dès maintenant qu'il s'agit de résistance pure ; en effet, certains rhéostats tels que rhéostats à liquide, présentent une capacité non négligeable dont la présence réduit sensiblement l'amplitude des différents harmoniques.

Telles sont les observations générales qui se dégagent de l'ensemble des essais ; nous allons maintenant donner quelques précisions relatives à trois cas principaux où l'on envisagera successive-

ment une génératrice téléphonique excellente, puis une machine de qualité moyenne et enfin la mauvaise machine (cette machine est encore très supérieure à une génératrice ordinaire construite pour un usage industriel quelconque).

Nous désignerons toujours, dans ce qui va suivre, par f la fréquence de rotation du rotor (première catégorie) et par p le nombre de lames du collecteur.

A. Caractéristiques d'une très bonne machine. — a) *débit sur multiple, observations faites aux bornes de la génératrice* (fig. 4) :

fréquence	f	amplitude à vide		90 mV	en charge	80 mV.
—	$4f$	—	—	75	—	0
—	pf	—	—	0	—	0
—	$2pf$	—	—	$\leqslant$ 30	—	$\leqslant$ 10
		amplitude totale		180	—	170

b) débit sur multiple, observations faites sur poste d'abonné (fig. 5) : L'enregistrement est presque rectiligne, la courbe présente une amplitude totale inférieure à 50 mV, aucune des fréquences précédentes ne peut être distinguée. L'alimentation est parfaitement silencieuse.

B. Caractéristiques d'une machine de qualité moyenne. — a) *débit sur multiple, observations faites aux bornes de la génératrice* (fig. 6) :

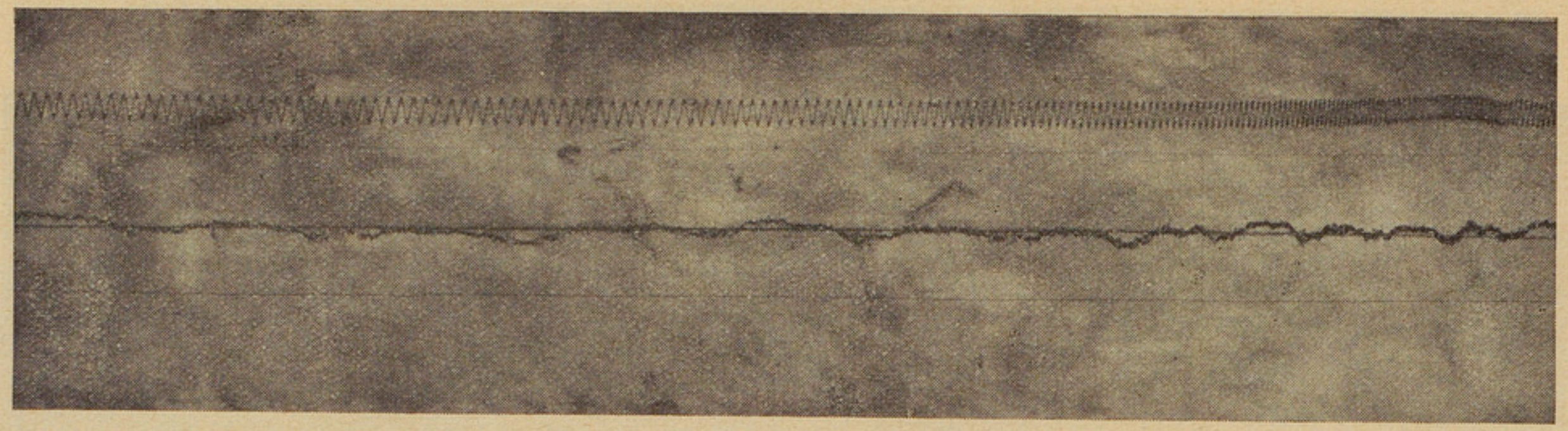
fréquence	f	amplitude à vide		60 mV	en charge	500 mV.
—	$6f$	—	—	0	—	$\leqslant$ 130
—	pf	—	—	10	—	$\leqslant$ 40
		amplitude totale		60	—	580

La fréquence $6f$, qui apparaît d'autant plus intense que la charge est plus forte, semble s'expliquer par les variations du couple moteur appliqué à la génératrice (moteur synchrone à 6 pôles). Le groupe n'a d'ailleurs pas de volant.

b) *débit sur multiple : observations faites sur poste d'abonné* (fig. 7) :

fréquence	f	amplitude :	100 mV.
—	$6f$	—	60
—	pf	—	0
		amplitude totale	160

L'audition est pratiquement silencieuse.



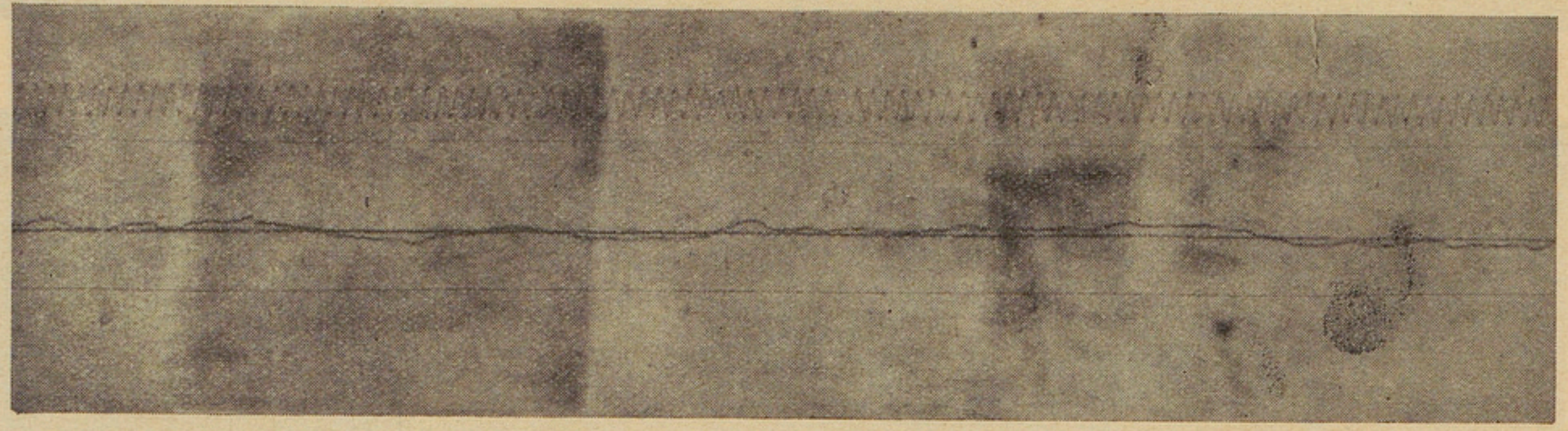
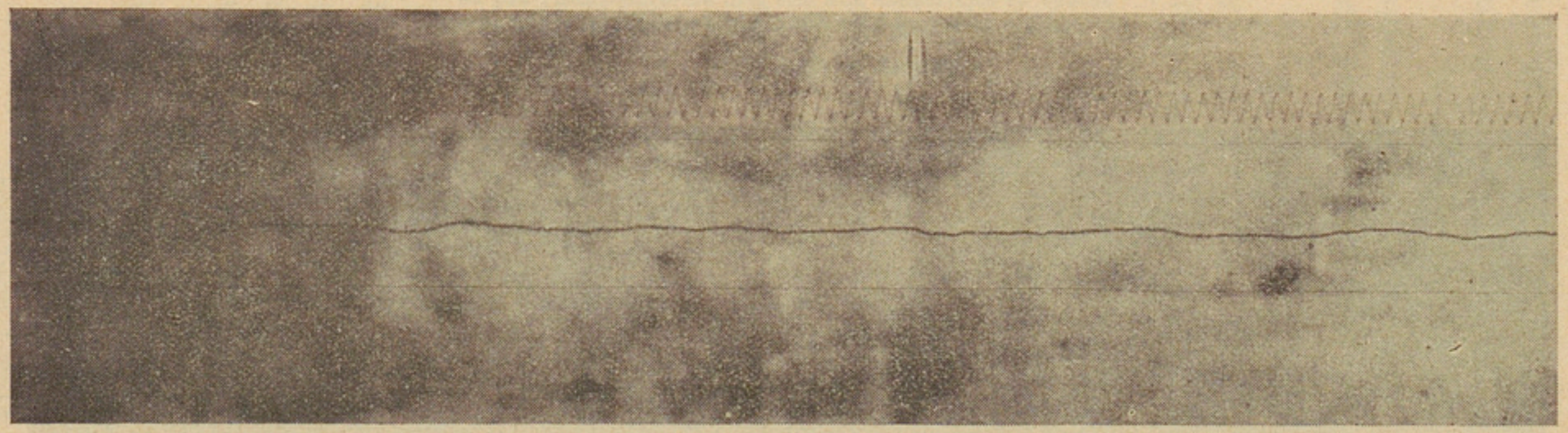
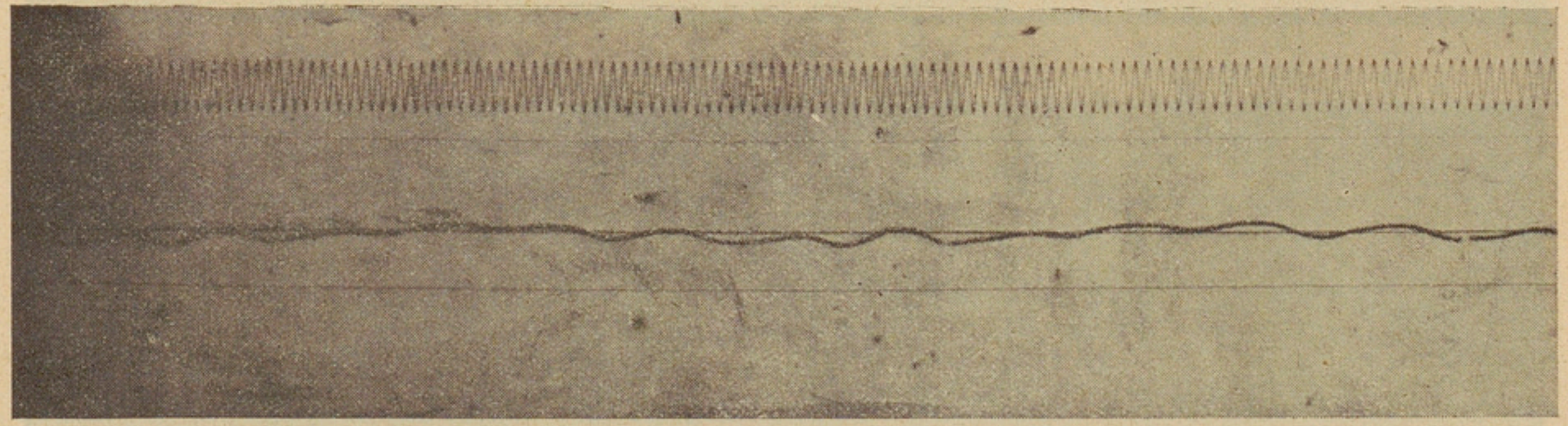


Fig. 4. — Meilleure machine.

En haut : oscillogramme pris sur une génératrice à vide ;
en bas : oscillogramme pris sur une génératrice en charge.





Oscillogrammes pris sur poste d'abonné.

Fig. 5. — En haut : meilleure machine ;
Fig. 7. — En bas : machine de qualité moyenne.

Fig. 7. — En bas : machine de qualité moyenne.

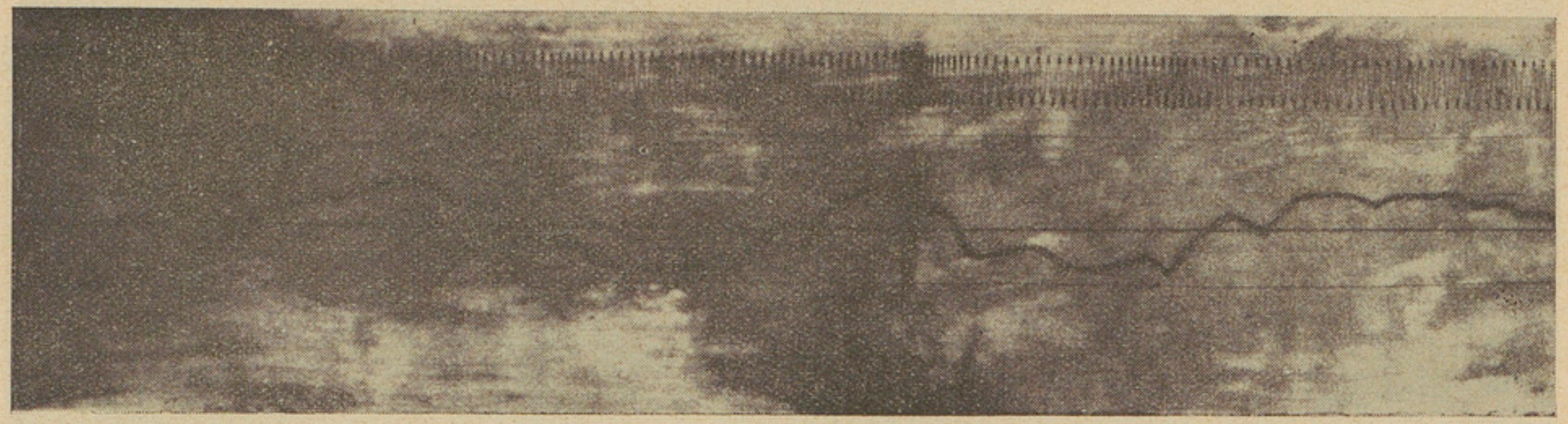
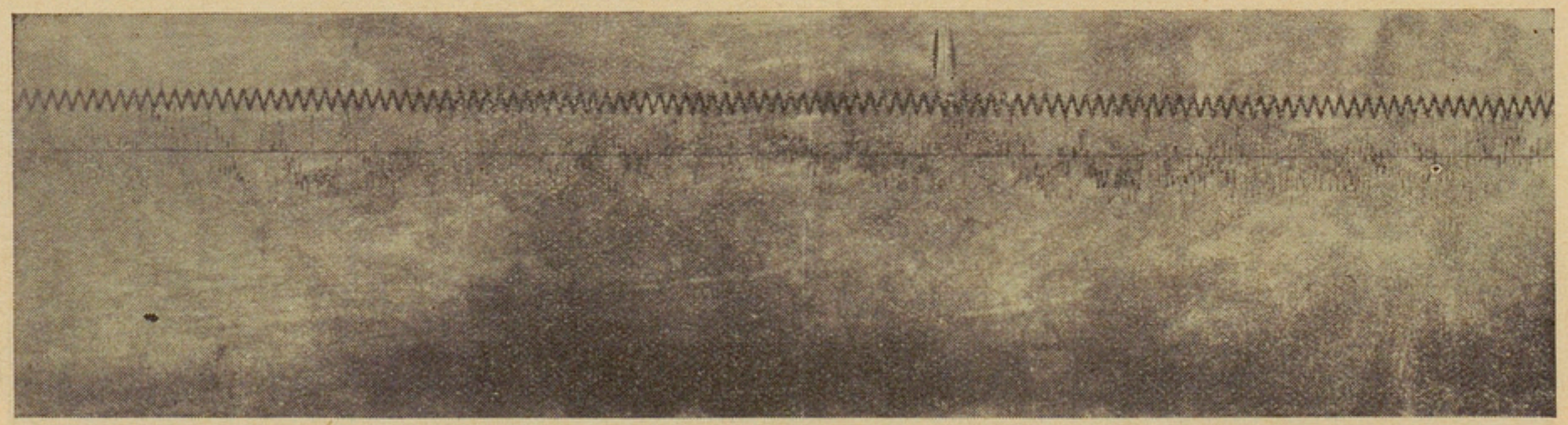


Fig. 6. — Machine de qualité moyenne.

En haut : oscillogramme pris sur une génératrice à vide ;
en bas : oscillogramme pris sur une génératrice en charge



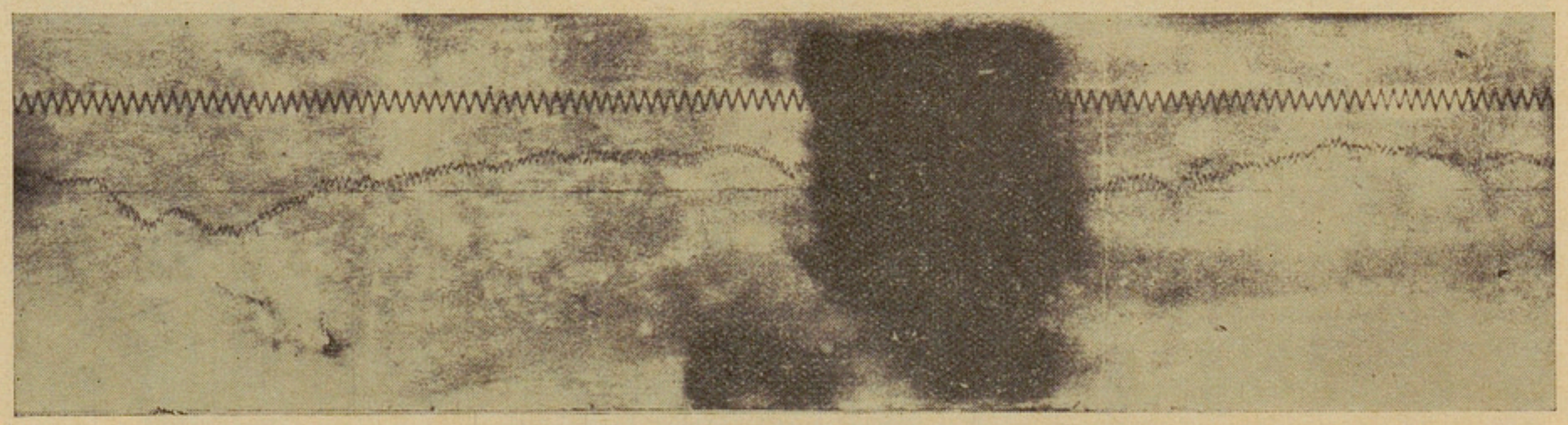
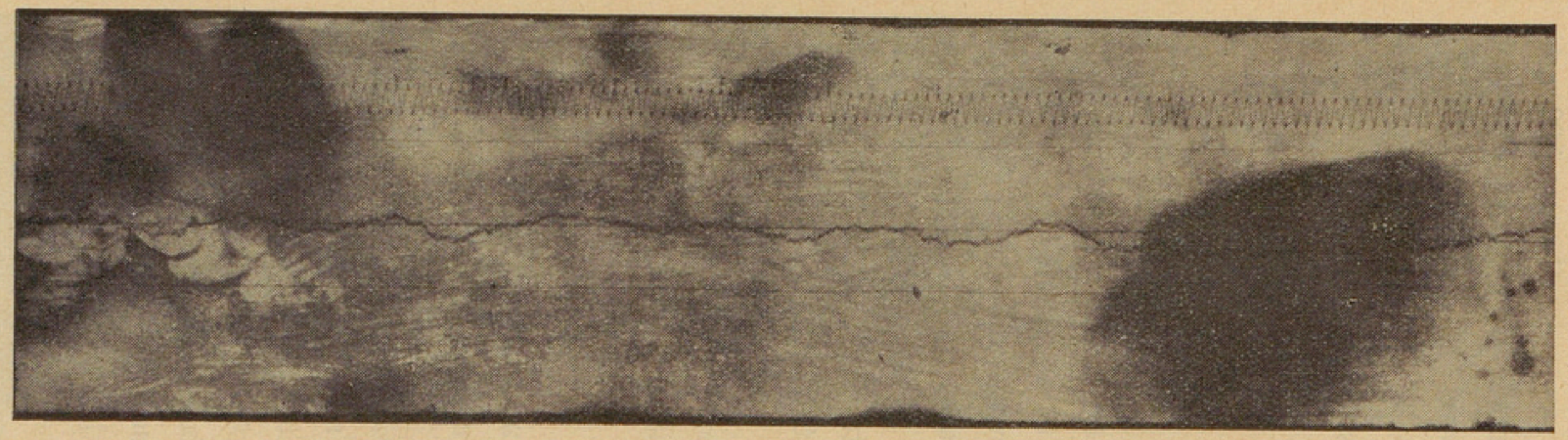
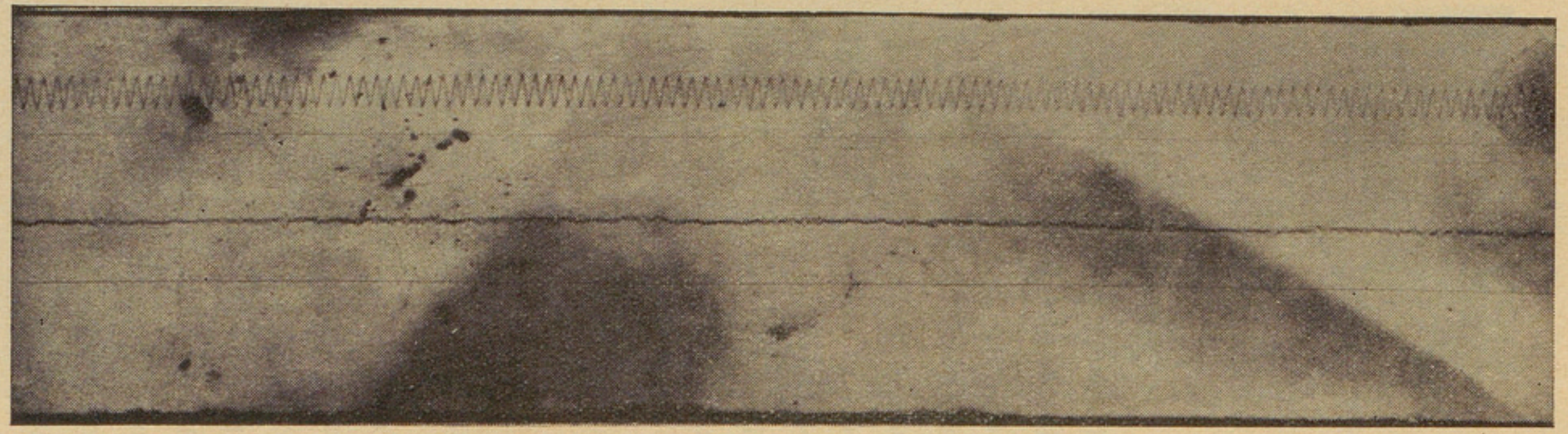


Fig. 8. — Mauvaise machine.

En haut : oscillogramme pris sur une génératrice à vide ;
en bas : oscillogramme pris sur une génératrice en charge.

Oscillogramme pris sur une génératrice en charge.





Oscillogrammes pris sur poste d'abonné.

Fig. 9. — En haut : mauvaise machine.

Fig. 10. — En bas : batterie de 11.000 A. H.

C. Caractéristiques d'une mauvaise machine. — a) *débit sur multiple, observations faites aux bornes* (fig. 8) :

fréquence	f	amplitude à vide	?	en charge	500 mV.
—	$4f$	—	— 400 mV	—	350
—	pf	—	— 1 volt	—	$\leqslant$ 150
		amplitude totale	1,4 volt	—	900 mV.

b) *débit sur multiple, observations faites sur poste d'abonné* (fig. 9) :

fréquence	f	amplitude	80 mV.
—	$4f$	—	$\leqslant$ 220
—	pf	—	0
		amplitude totale	250 mV.

L'audition sur poste d'abonné est troublée par un ronflement qui peut être gênant en cas de faible intensité de réception.

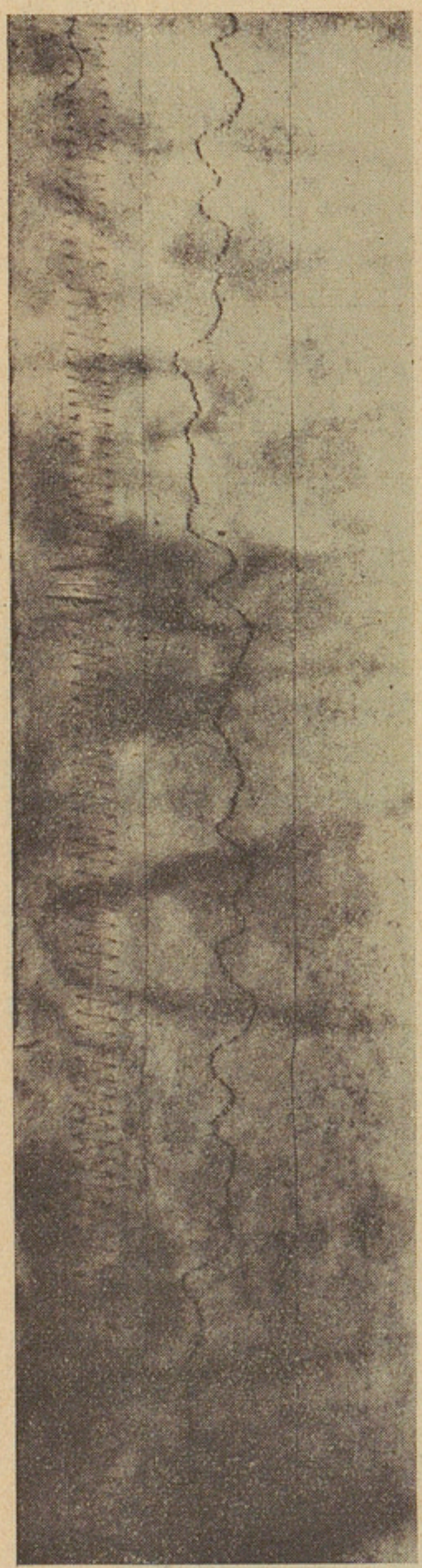
L'aspect des oscillogrammes correspondant aux machines qui viennent d'être examinées permet une comparaison facile des différents types de parasites. De plus, le relevé oscillographique effectué sur un poste d'abonné alimenté par batterie, donne une idée des tensions alternatives non imputables à l'imperfection des génératrices (fig. 10).

Nous allons maintenant compléter les renseignements déjà acquis en analysant le résultat des essais de génératrices sur résistances pures.

V. Comparaison des oscillogrammes relatifs au débit sur multiple et au débit sur résistance pure.

L'observation des tensions parasites, quand le circuit de charge est une résistance pure, n'a pas porté sur toutes les génératrices mais seulement sur quelques types particulièrement choisis en raison de la netteté et du nombre des tensions alternatives à étudier. Autrement dit, les essais ont été effectués principalement sur les machines de qualité téléphonique médiocre. De cette façon, l'on a pu suivre plus commodément l'allure des variations d'amplitude de chacune des tensions parasites.

Quelques remarques générales se dégagent des résultats d'expérience.



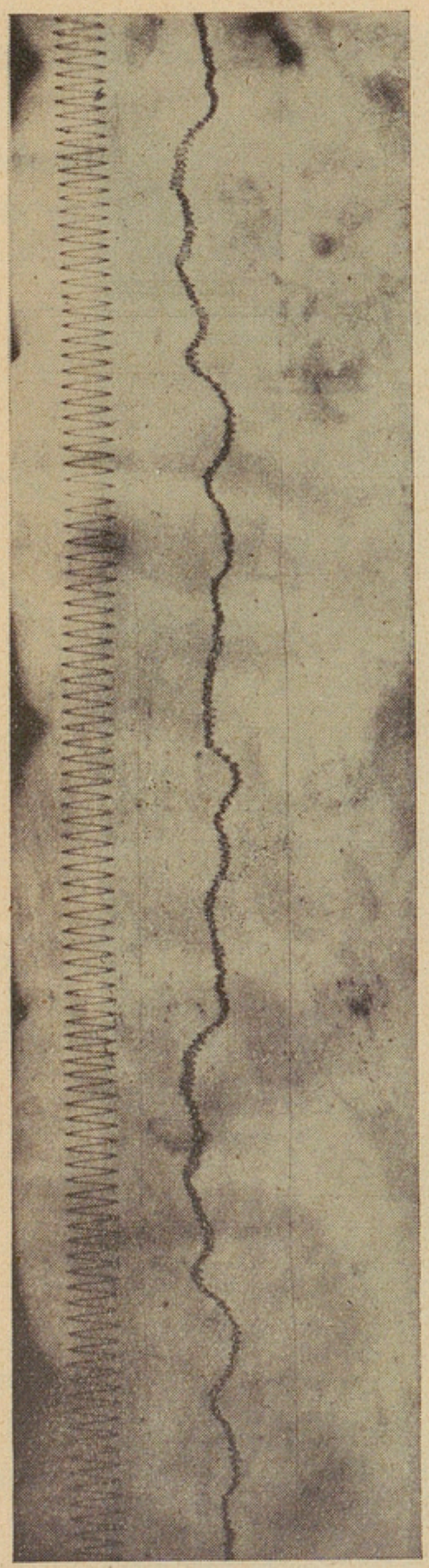
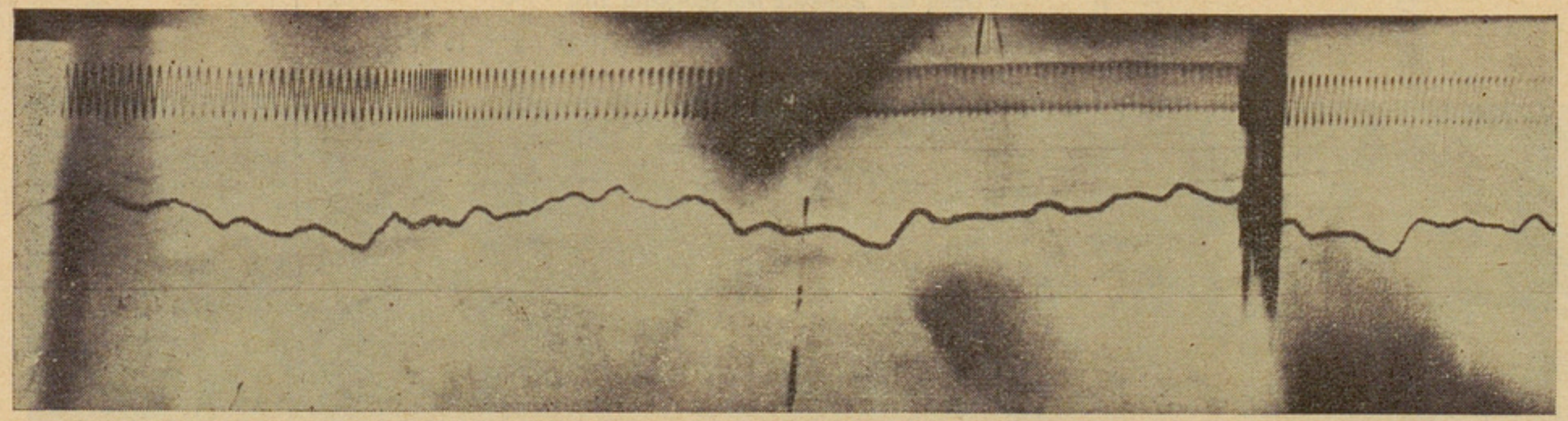


Fig. 11. — Oscillogramme pris sur une génératrice débitant :
Sur multiple 200 ampères (en haut) ;
sur résistance 200 ampères (en bas).



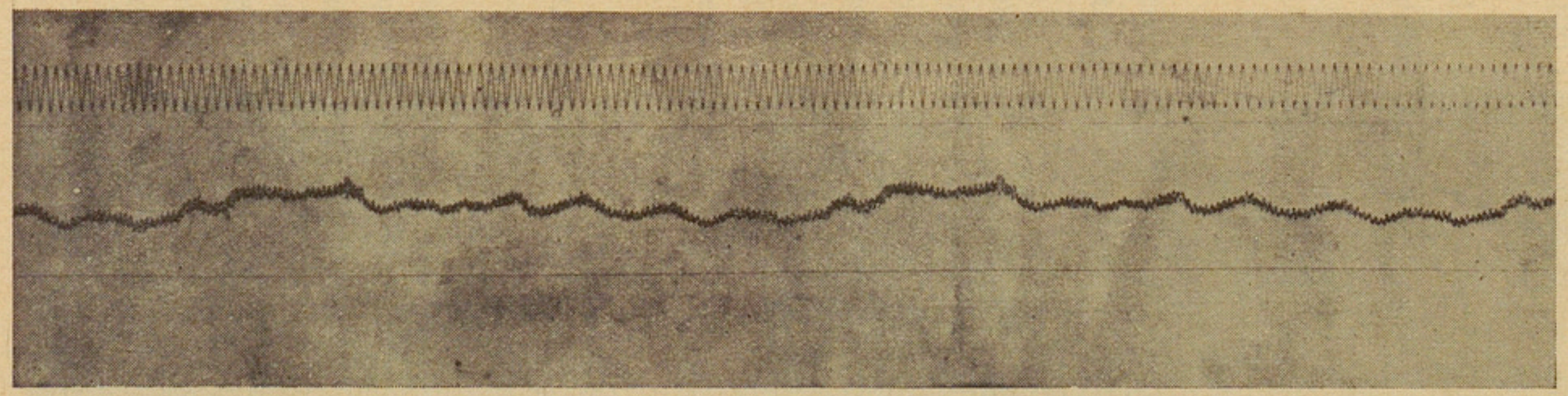


Fig. 12. — Oscillogramme pris sur une génératrice débitant :

Sur multiple 340 ampères (en haut) ;
sur résistance 350 ampères (en bas).

Disons tout de suite qu'on retrouve, en débit sur résistance pure, les mêmes fréquences parasites que l'on a classées plus haut en trois catégories.

L'allure générale des oscillogrammes est légèrement plus régulière. (fig. 11 et 12).

Si, pour une fréquence donnée, on trace la courbe des variations de l'amplitude en fonction de la charge (en ampères) de la géné-

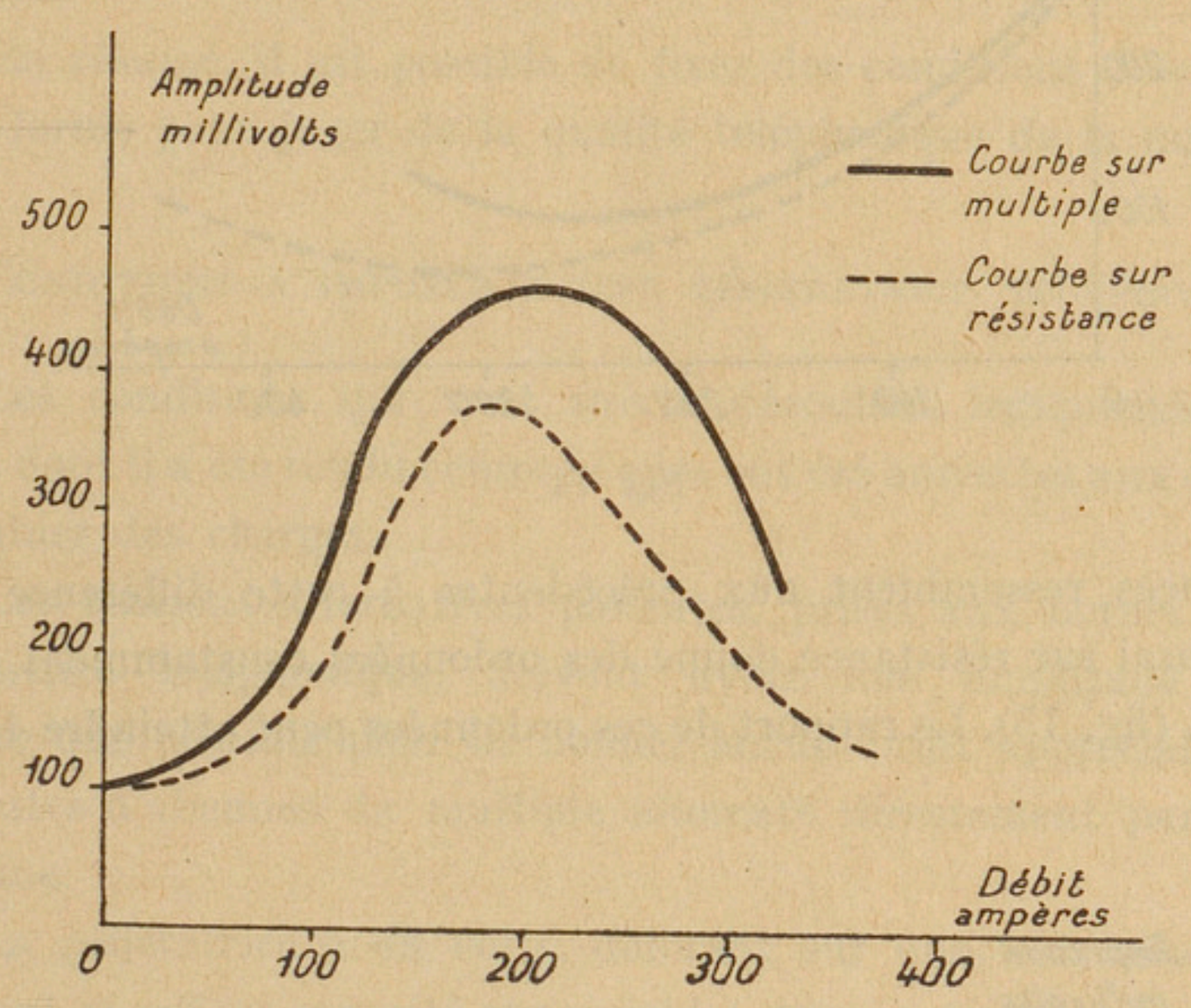


Fig. 13.

ratrice, on obtient pour le débit sur multiple ou sur résistance, des formes analogues. Les courbes ont une allure parabolique d'axe parallèle à l'axe des ordonnées.

Examinons par catégorie les résultats de comparaison.

a) 1re *catégorie* (*fréquence f*) : Les courbes sont concaves vers le bas, en général, et un maximum atteint vers la mi-charge. La courbe d'essai sur résistance pure est toujours située au-dessous de l'autre courbe. Les ordonnées maximum restent dans un rapport de l'ordre de 0,8 (fig. 13).

b) 2me *catégorie* (*fréquences* 4*f*, 6*f*, 8*f*) : La concavité cette fois s'oriente vers le haut. La courbe relative à l'essai sur résistance

est encore située au-dessous et les ordonnées sont dans un rapport minimum de 0,7 (fig. 14).

c) 3me *catégorie (fréquences pf, 2 pf)* : Les courbes relatives à ces

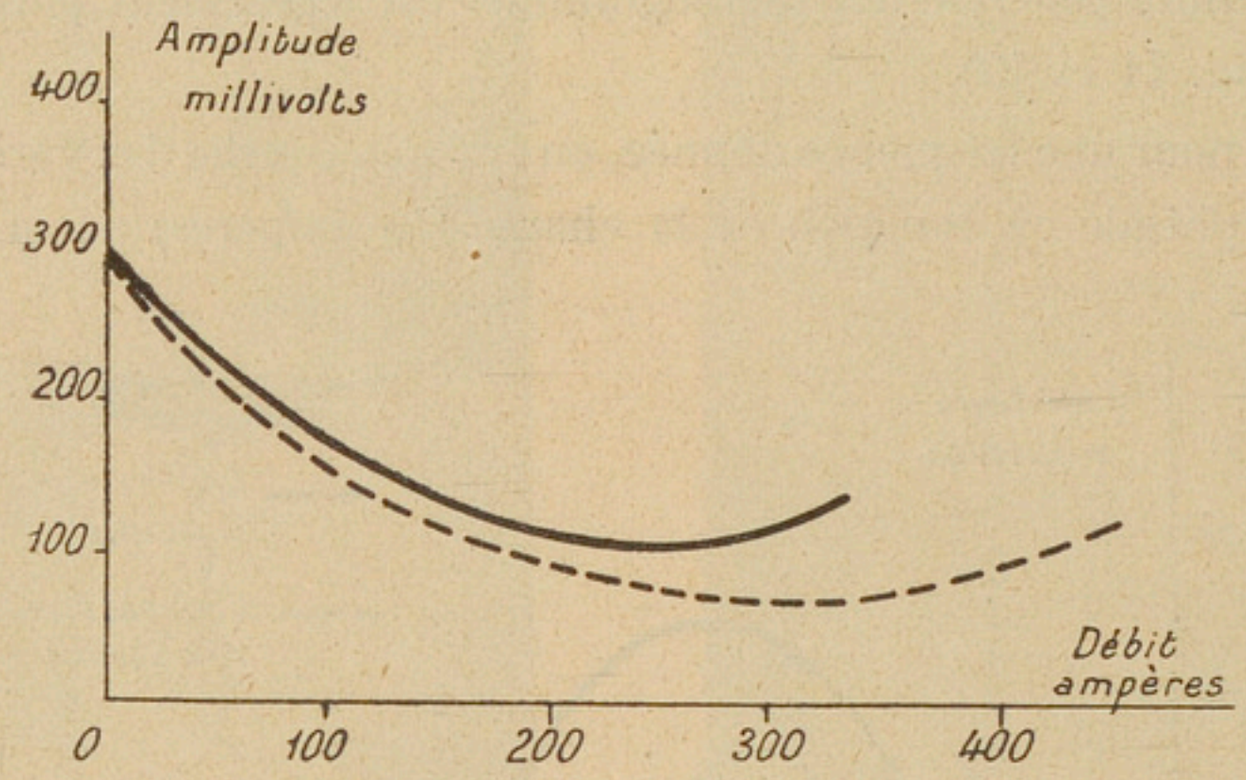


Fig. 14.

fréquences ressemblent aux précédentes à cette différence près que l'essai sur résistance donne des ordonnées constamment supérieures. (fig. 15). Le rapport de ces ordonnées peut atteindre 4 et 5.

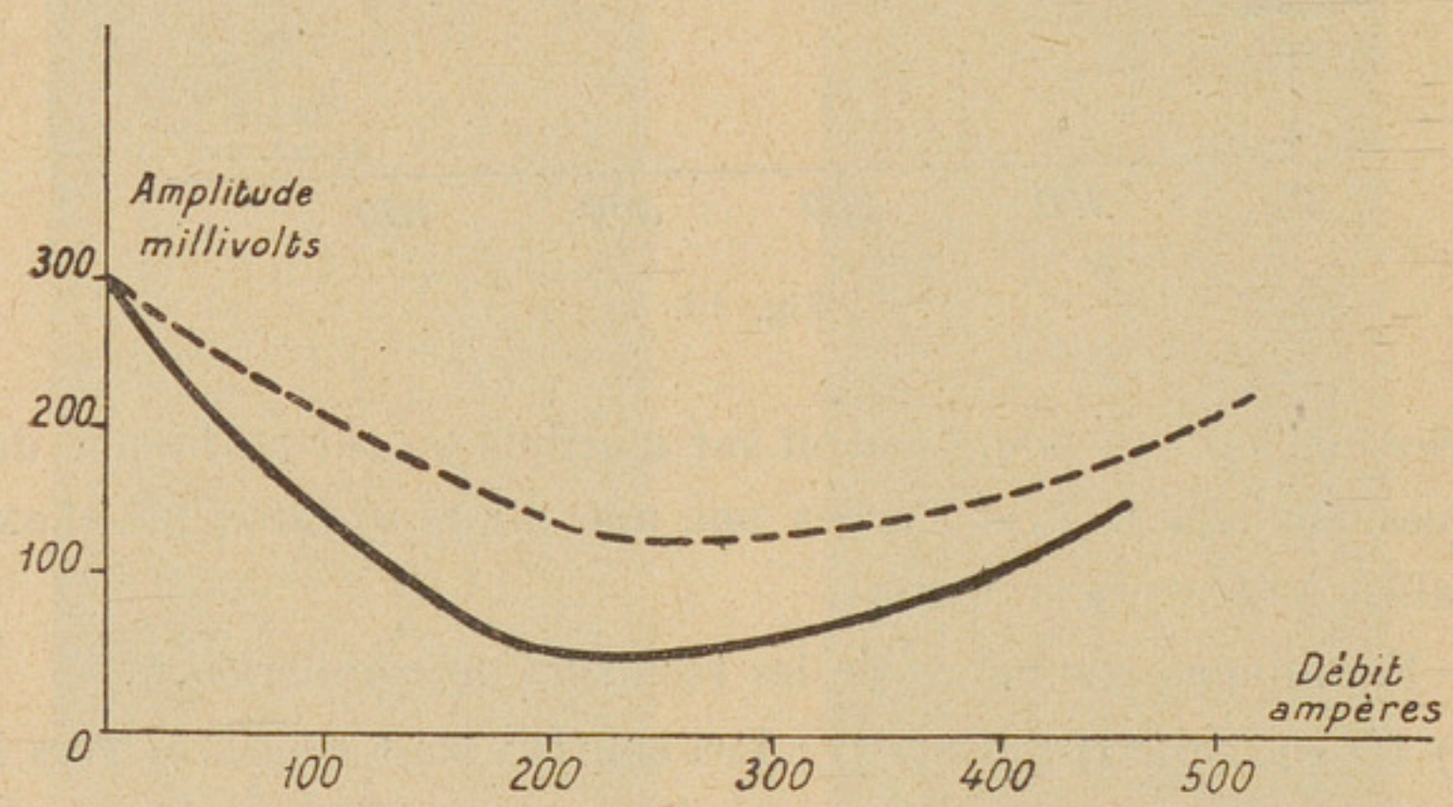


Fig. 15.

On constate, qu'au point de vue des qualités téléphoniques, l'essai sur résistance pure d'une génératrice donne des résultats plus favorables qu'en débit direct sur un multiple. Les fréquences particulièrement nuisibles, comme celles de deuxième catégorie,

se trouvent relativement amorties. Par contre, les fréquences aiguës de collecteur sont favorisées.

Si l'on compare tous les renseignements que nous possédons maintenant, on s'aperçoit qu'on peut très bien définir la qualité téléphonique d'une génératrice en fixant certaines tolérances exprimées en millivolts relativement à certaines fréquences parasites. Aux tolérances admissibles en débit sur un multiple, on peut faire correspondre des tolérances bien déterminées en débit sur résistance pure.

En résumé, il est possible de fixer des conditions d'essais en plate-forme pour juger de la qualité téléphonique de la machine.

VI. Conditions a imposer a une génératrice téléphonique.

Les conditions qui vont suivre découlent logiquement des essais dont il a été rendu compte ; elles ont été annexées aux clauses du cahier des charges.

Les tensions alternatives parasites, prises aux bornes d'une génératrice téléphonique, doivent avoir une amplitude aussi réduite que possible pour ne donner aucun bruit appréciable sur les postes d'abonnés du multiple alimenté directement par cette machine.

La génératrice à 48 volts, débitant sur une résistance pure (n'ayant ni self, ni capacité appréciable), devra satisfaire aux conditions suivantes :

a) *tension alternative de fréquence égale à la fréquence de rotation du rotor* : Cette tension doit être nulle à vide et rester négligeable en charge ; une tension maximum de 0,4 volt pourra être tolérée si elle n'est accompagnée d'aucune autre tension alternative de fréquence différente.

b) *tensions alternatives de fréquence comprise entre* 50 *et* 200 *p : s* : Ces fréquences ne sont pas admises. Toutefois, on pourra tolérer l'existence d'une tension alternative de cette catégorie, si l'amplitude maximum reste, à toute charge, inférieure à 0,1 volt ; on ne prononcera alors la réception provisoire qu'après essai de la machine en débit direct sur le multiple. Dans ces conditions, la tension

parasite ne devra en aucun cas dépasser une amplitude maximum de 0,15 volt.

c) *Tensions alternatives dont la fréquence est liée aux caractéristiques du collecteur* : Ces tensions, si elles sont appréciables, auront une fréquence au moins égale à 2.000 p : s. Leur amplitude devra rester négligeable en charge.

d) *Tensions alternatives diverses* : Les courbes de tension relevées à l'oscillographe ne devront pas dépasser une amplitude maximum de 0,45 volt.

Pour les tensions ne rentrant pas dans les catégories énumérées ci-dessus, la réception des machines ne sera prononcée qu'après essai de débit direct sur multiple.

Il reste bien entendu que les conditions relatives aux qualités téléphoniques n'excluent en rien les conditions mécaniques et électriques habituelles.

VII. Vérification et essai des qualités téléphoniques d'une génératrice.

Il s'agit de procéder à la vérification des qualités téléphoniques d'une machine en plate-forme d'essai.

Si l'on veut s'en tenir à l'ancien procédé d'épreuve, on pourra écouter la génératrice, excitée à sa tension normale, sous différents régimes entre la marche à vide et la pleine charge. On connaît un renseignement précieux dont on pourra tenir compte pour apprécier le résultat tout qualificatif que donne la méthode : les sons graves sont beaucoup plus nuisibles que les sons aigus.

Pour l'évaluation des tensions alternatives parasites, dont les tolérances ont été fixées plus haut, l'emploi de l'oscillographe conviendrait parfaitement. Pour des raisons d'ordre pratique, sur lesquelles il est inutile d'insister, cette méthode ne peut être retenue pour les essais en usine.

Il fallait donc chercher un mode opératoire n'utilisant que des appareils simples, peu fragiles et surtout très transportables.

Le millivoltmètre redresseur à oxyde de cuivre répond bien à ces exigences et on a pu l'employer en lui adjoignant un système

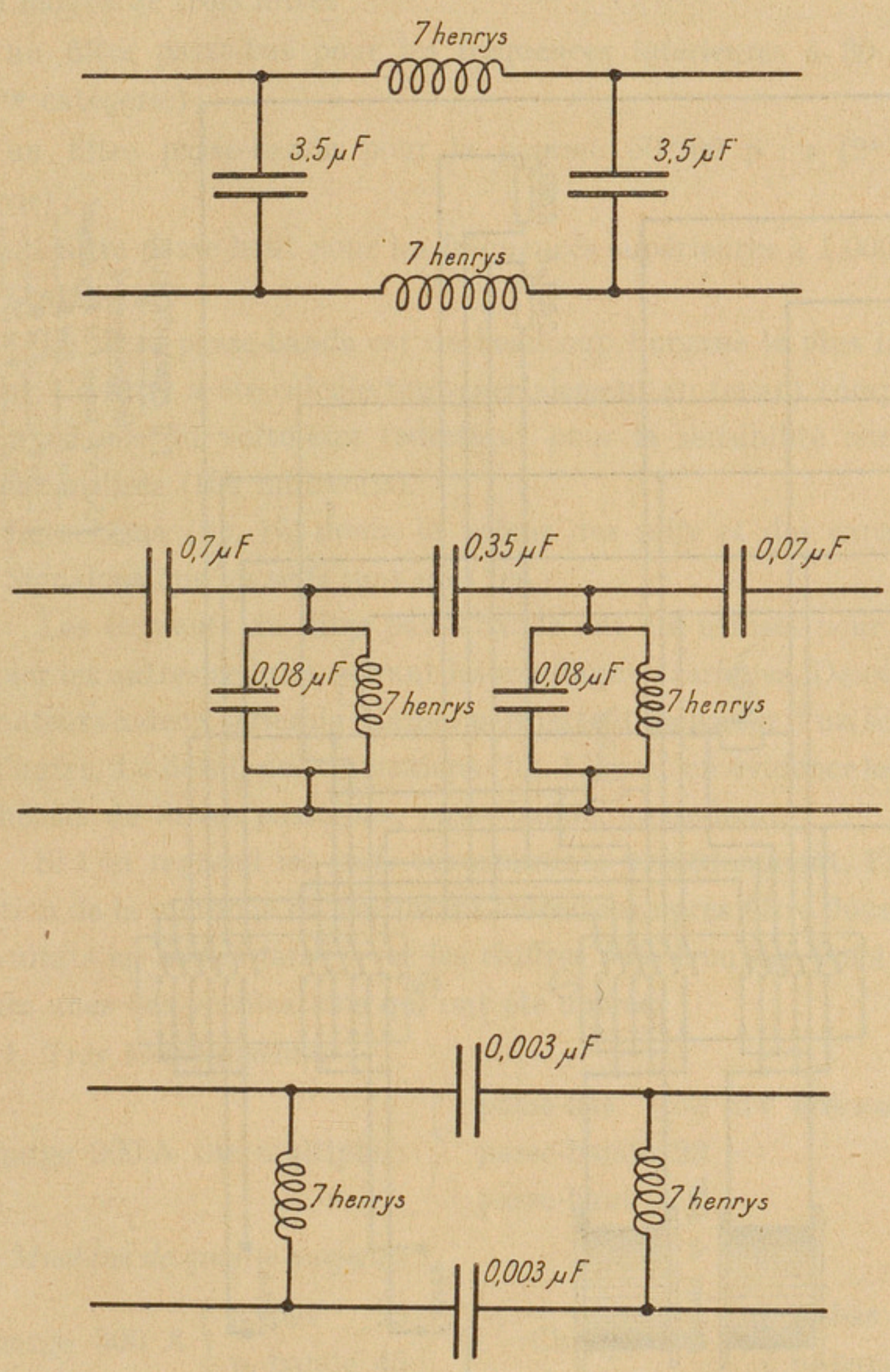
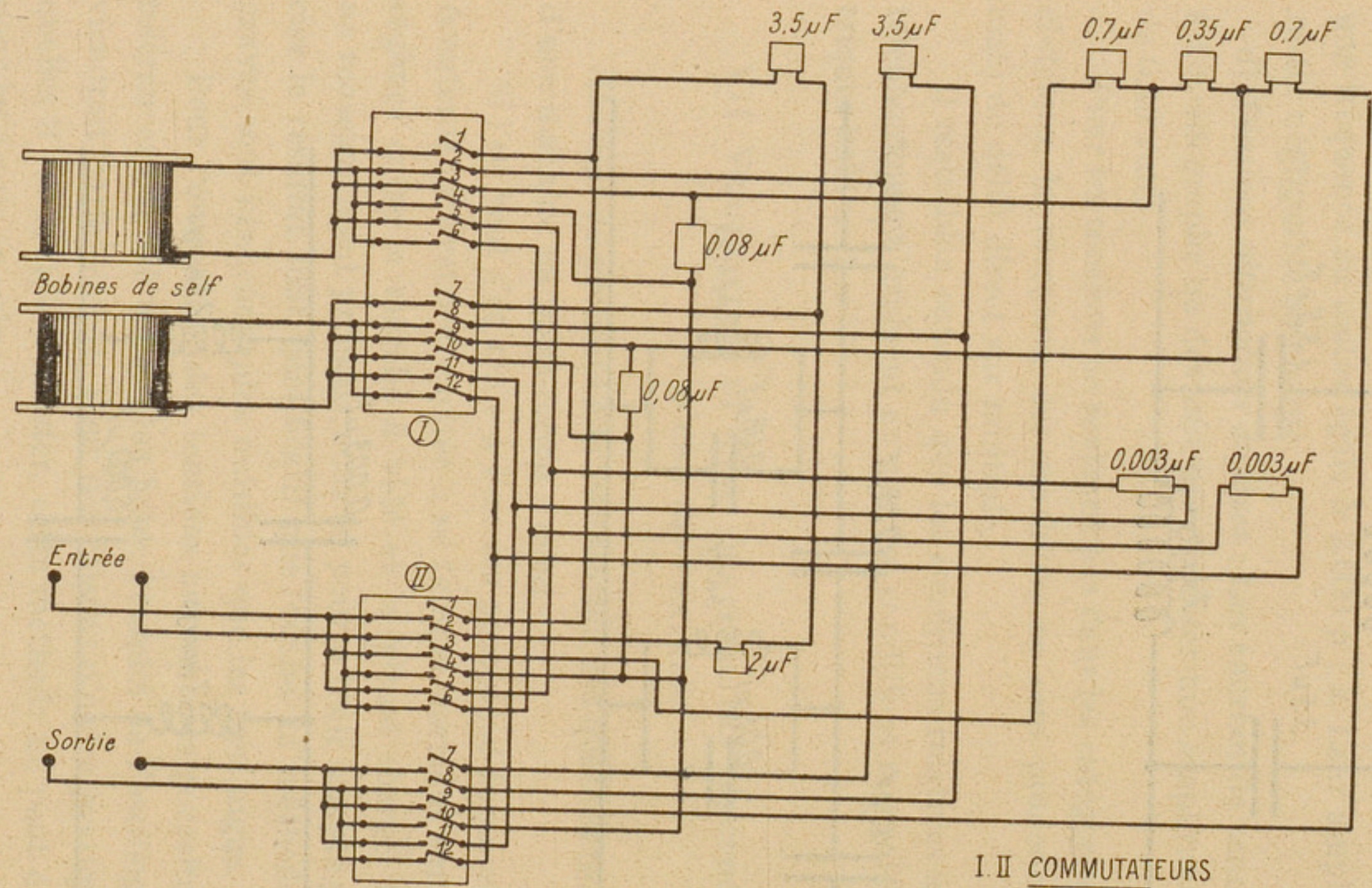


Fig. 16. — Schéma de principe des filtres : filtre passe-bas, filtre de bande, filtre passe-haut.



I. II COMMUTATEURS

Fonctionnement

Sur n°1 lames 1 et 7 au travail
— n°1 — 2 et 8 —
— n°2 — 3 et 9 —
— n°2 — 4 et 10 —
— n°3 — 5 et 11 —
— n°3 — 6 et 12 —

Fig. 17. — Schéma de câblage des filtres.

sélectif permettant de mesurer séparément les tensions parasites suivant la catégorie de leur fréquence. Un tel dispositif a été réalisé au moyen de trois filtres :

un filtre passe-bas pour les fréquences inférieures à 30 p : s (1re catégorie) ;

un filtre passe-bande pour la gamme 50-200 p : s (2e catégorie) ;

un filtre passe-haut pour les fréquences supérieures à 1.000 p : s (3e catégorie).

Le filtre passe-bande est de beaucoup l'organe le plus important. Ce filtre a été calculé tout spécialement en tenant compte de l'impédance du voltmètre redresseur pour la sensibilité normalement utilisée (100 millivolts).

Le schéma (fig. 16) donne la valeur des selfs et des capacités. Signalons que les selfs sont sans fer.

Les éléments du filtre passe-bande ont été utilisés pour constituer les autres cellules suivant les montages classiques. Deux combinateurs à deux séries de 6 lames permettent de passer d'un schéma à l'autre. Le détail des connexions (fig. 17) met en évidence les trois schémas de filtres passe-bas, passe-bande, passe-haut.

Si l'on reprend les trois cas examinés précédemment, l'application de la méthode du voltmètre redresseur après filtre donne des résultats en concordance avec les chiffres déjà trouvés. Voici quelques unes des vérifications qui ont été opérées :

1. *Très bonne machine* :

Charge 200 A sur multiple :	passe-bas	32 mV efficaces [1].
	passe-bande	28 —
	passe-haut	0 —

2. *Machine de qualité moyenne* :

Charge 300 A sur multiple.	p.-bas	55	Charge 400 A sur multiple.	p.-bas	75
	p.-bande	45		p.-bande	50
	p.-haut	1		p.-haut	1

1. Toutes les mesures faites au voltmètre redresseur se rapportent à des tensions efficaces.

3. *Mauvaise machine* :

A vide	p.-bas	50	Charge 250 A sur multiple.	p.-bas	75
	p.-bande	75		p.-bande	55
	p.-haut	3		p.-haut	2

D'une façon générale, les résultats obtenus directement par enregistrement oscillographique (exprimés en mV maximum) correspondent aux mesures faites au voltmètre après filtre, le rapport *lectures voltmètre* : mesures oscillographiques ayant pour chaque catégorie de fréquence unevaleur à peu près constante.

Les chiffres indiqués ci-dessous tiennent compte du passage des tensions maxima aux tensions efficaces d'une part et des affaiblissements propres à chaque schéma de filtre d'autre part.

1e catégorie :	$f < 30$ p : s	$\frac{\text{voltmètre}}{\text{oscillographe}}$	= 0,2	environ.
2e catégorie :	50 à 200 p : s	—	0,5	—
3e catégorie :	$f > 1.000$ p : s	—	0,01	—

Notons d'ailleurs que pour les fréquences relativement élevées de la troisième catégorie (harmoniques de collecteur) les indications du voltmètre sont beaucoup moins précises que pour les autres fréquences plus basses.

Les tolérances indiquées plus haut dans les conditions de réception (essai des génératrices sur résistance pure) deviennent les suivantes :

a) fréquence de 1re catégorie (< 30 p : s) : 70 millivolts.
b) — 2e — (50 à 200) : 50 —
c) — 3e — aussi faible que possible.

Les très nombreux essais effectués, au moyen de l'ensemble filtres-voltmètre redresseur, sur des génératrices en service, ont montré l'efficacité de la méthode. Comme nous l'avons déjà constaté, c'est la mesure des tensions de deuxième catégorie qui est spécifique de la qualité téléphonique d'une machine.

La photographie de la figure 18 permet d'évaluer l'encombrement des différents éléments constituant le matériel d'essai : deux boites contenant les selfs, une boite contenant les condensateurs,

les commutateurs et divers accessoires (câbles, etc...), une boite contenant le voltmètre redresseur. L'ensemble est parfaitement transportable et beaucoup moins fragile qu'un oscillographe.

VIII. Cas particuliers.

Tous les résultats obtenus et exposés jusqu'ici se rapportent exclusivement aux génératrices dont la tension continue normale est 48 volts. Cette tension, qui tend à être généralisée pour l'alimen-

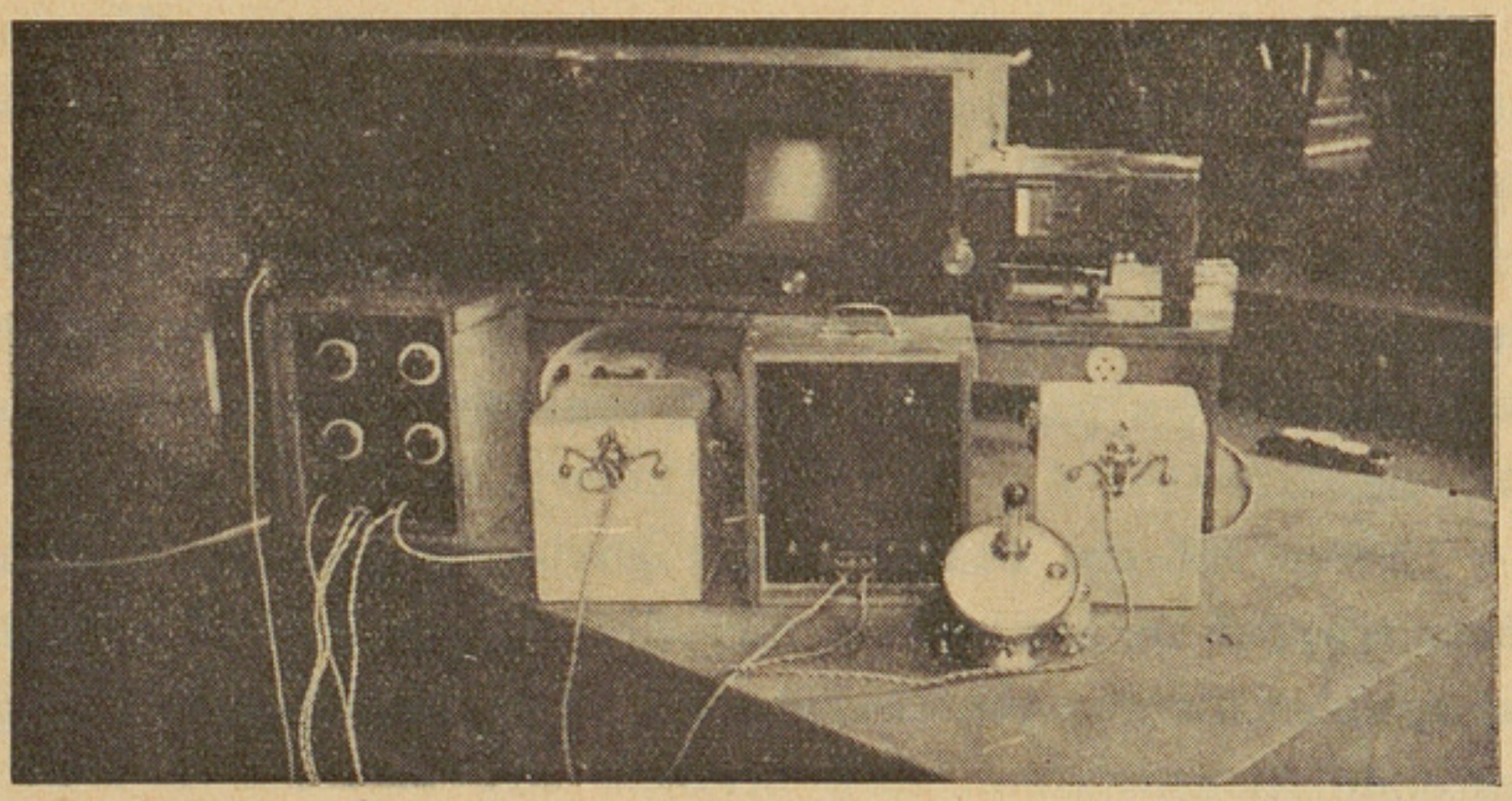


Fig. 18. — Instruments de mesures des tensions parasites.

Au fond, l'oscillographe ; on distingue à droite le dispositif d'enregistrement photographique ; à gauche, en avant, l'amplificateur à lampes.

Au premier plan, les organes du nouveau procédé de mesure ; de droite à gauche :

boîte contenant la première self ;
voltmètre redresseur à oxyde de cuivre ,
boîte contenant condensateurs, câblage, combinateurs ;
boîte contenant la deuxième self.

tation du téléphone n'est pas la seule en usage à l'heure actuelle. Il existe encore à Paris ou dans la zone suburbaine un bon nombre d'installations équipées pour la tension de 24 volts. Il nous a paru intéressant d'examiner quelques unes des génératrices à 24 volts qui alimentent ces bureaux en direct, sans introduire aucun bruit parasite appréciable sur les postes d'abonnés. Il convient de signaler aussi que les schémas d'alimentation pour les circuits de cordon sont variés et que ce fait a son importance.

On trouvera ci-dessous quelques mesures caractéristiques (au voltmètre redresseur) :

1. *Très bonne machine* 24 *volts* :

passe-bas	: 15 mV	charge sur multiple 330 A.
passe-bande	: 10 —	
passe-haut	: 2 —	

2. *Mauvaise machine* 24 *volts* :

passe-bas	: 22 mV	charge sur multiple 320 A.
passe-bande	: 72 —	
passe-haut	: 9 —	

L'ensemble des résultats nous conduit à admettre pour les génératrices à 24 volts, des tolérances moitié de celles qui ont été fixées pour les machines à 48 volts (1).

Dans les limites des tensions courantes d'alimentation téléphonique, on peut donc exprimer les tolérances relatives aux tensions alternatives parasites en pour cent de la tension continue normale.

En dehors des convertisseurs envisagés jusqu'ici, moteur-génératrice, il existe depuis peu des convertisseurs statiques susceptibles d'alimenter directement les multiples après filtrage des ondulations.

La commutation de ce genre de redresseur est essentiellement liée à la nature du courant alternatif d'où l'on part.

La question mérite un examen tout particulier et sera étudiée dans une prochaine note dans le cas des redresseurs secs à oxyde de cuivre. Signalons simplement le résultat obtenu au point de vue de la qualité téléphonique de l'alimentation avec un redresseur à oxyde de cuivre 24 volts 60-ampères muni d'un filtre.

22 ampères en direct.	passe-bas	5 mV	mesures faites au voltmètre redresseur.
	passe-bande	15 —	
	passe-haut	3 —	
22 ampères avec batterie tampon.	passe-bas	4 —	d°
	passe-bande	14 —	
	passe-haut	2 —	

1. Des relevés oscillographiques ont montré que la fréquence des parasites rentrait dans les catégories déjà connues.

L'écoute sur poste d'abonné est absolument silencieuse. Les chiffres indiqués ci-dessus n'ont d'ailleurs qu'une valeur purement documentaire, car le cas des redresseurs statiques étant tout différent du cas des génératrices, il conviendrait de recommencer une étude complète, à l'oscillographe, des divers parasites caractérissant chaque type de redresseur (mono, di, triphasé, etc...).

IX. Filtrage des courants continus impurs

Certaines génératrices, pour un défaut de construction quelconque, peuvent présenter une qualité téléphonique imparfaite ; des circonstances exceptionnelles peuvent entraîner l'utilisation de machines quelconques pour l'alimentation d'un multiple (par exemple utilisation de génératrices à 110 volts sous-excitées à 48 volts). Ces sources imparfaites font entendre, en débit direct sur le meuble, un ronflement très nuisible à la netteté des conversations. Un procédé courant employé pour atténuer cet inconvénient consiste à brancher une batterie d'accumulateurs en tampon. Cette solution donne de bons résultats mais ne s'applique pas à tous les cas. En plus des inconvénients bien connus de la marche en tampon, il peut arriver que l'on n'ait à sa disposition qu'une seule batterie et qu'il faille la recharger : cette opération ne peut se faire sans de fortes variations de tension, inadmissibles aux bornes du multiple.

Il a donc semblé intéressant d'examiner certains dispositifs de filtrage. On doit noter que les affaiblissements obtenus avec les montages pratiquement réalisables demeurent assez faibles (10 décibels environ) et que, dans ces conditions, ce qui va suivre ne s'applique pas à des machines par trop imparfaites au point de vue téléphonique comme des génératrices ordinaires.

Avant de considérer les filtres proprement dits, revenons un peu sur les différents dispositifs constitués par de simples shunts. La batterie tampon, dont nous avons parlé plus haut, se comporte comme un shunt très efficace.

L'influence de la capacité en ampères-heures n'est pas aussi

considérable qu'on pourrait le croire ; le tableau ci-dessous fixe les idées à ce sujet [1].

		FRÉQUENCES < 30 p : s	De 50 à 200 p : s	FRÉQUENCES > 1.000 p : s
Génératrice en direct.		mV 80	mV 50	mV 1
Accu. en tampon	11.000 AH	43	3	0
	4.000 AH	45	7	0
	40 AH	46	13	0

On constate que la mise en tampon d'une très petite batterie, comme on peut en constituer avec les blocs d'accumulateurs pour automobile, apporte une amélioration très sensible à la qualité téléphonique d'une génératrice.

Dans une étude précédente concernant les canalisations, on a vu que des condensateurs électrolytiques de très forte capacité réalisent des shunts absorbant une part importante de parasites de toute nature. Un essai a été effectué en branchant aux bornes d'une génératrice, une capacité de 20.000 microfarads. Dans les mêmes conditions que précédemment pour les batteries tampons, les résultats suivants ont été obtenus.

	FRÉQUENCES < 30 p : s	De 50 à 200 p : s	AU DESSUS de 1.000 p : s
Génératrice en direct	80	50	1
20.000 microfarads en tampon.	50	21	0

1. Les chiffres indiqués résultent de mesures faites au voltmètre redresseur après filtre.

L'affaiblissement des tensions alternatives particulièrement dangereuses au point de vue téléphonique apparaît moins important que pour les accumulateurs ; néanmoins, chaque fois que cet affaiblissement pourra suffire, l'emploi des condensateurs électrolytiques devra être préféré. En effet, les petites batteries d'accumulateurs se sulfatent rapidement et la valeur du shunt antiparasite diminue beaucoup quand la résistance intérieure de la batterie augmente.

Passons maintenant à l'examen des filtres comprenant selfs et capacités. Le type de schéma qui semble le plus facilement réalisable pour le problème posé est le passe-bas classique ou ses variantes les plus simples. La fréquence de coupure doit rester inférieure à 50 p : s si l'on veut affaiblir suffisamment les parasites nuisibles. La construction de la self se révèle d'autant plus difficile que l'intensité maximum prévue est plus élevée.

Signalons tout de suite un moyen de tourner en partie la difficulté. Il consiste à ne filtrer que la portion strictement nécessaire du débit général ; on peut en effet séparer l'alimentation d'un multiple suivant deux catégories de circuits : les circuits de signaux qui n'exigent pas un courant parfaitement téléphonique et les circuits de conversation qui, eux, ne représentent qu'un cinquième de la consommation totale et exigent un courant continu pur. On a donc intérêt à séparer ces circuits dès les départs de la salle des machines si l'on veut utiliser d'une façon permanente des génératrices bruyantes pour alimenter un multiple. Dans le cas d'un bureau parisien de 10.000 abonnés, dont le débit en pointe peut atteindre 600 ampères, l'intensité à filtrer ne dépassera pas 100 ampères. (1)

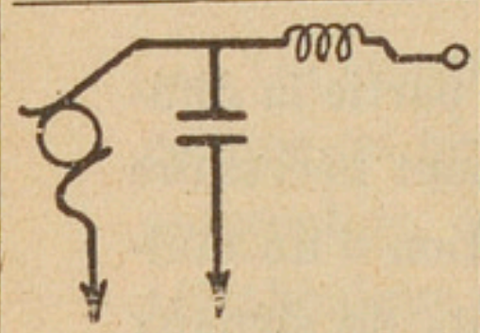
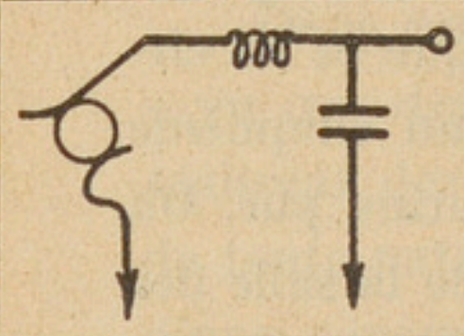
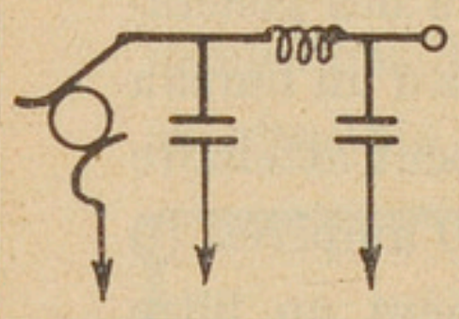
Malgré cette simplification, on conçoit difficilement un filtre à plusieurs cellules, étant donnée l'importance des pertes dans les selfs successives. Les essais effectués n'ont porté que sur l'utilisation d'une seule cellule.

---

1. Notons en passant qu'un multiple du type Rotary, considéré comme un quadripôle dont les bornes d'entrée seraient les bornes d'alimentation 48 volts et les bornes de sortie, l'extrémité d'une ligne d'abonné, en position de conversation, se comporte comme un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure serait de 1.500 p : s environ.

Deux types de self ont été utilisés : avec et sans fer. La self sans fer, constituée par 100 mètres de câble de 94,2 mm. enroulé en spires de 60 centimètres de diamètre, présente l'encombrement minimum. La self à fer, obtenue à partir d'un ancien transformateur, a son circuit magnétique coupé d'un entre-fer de l'ordre du millimètre pour éviter tout risque de saturation.

Les résultats obtenus dans les mêmes conditions que précédemment (même génératrice, même débit) ont été les suivants :

	AVEC SELF A FER			AVEC SELF SANS FER		
FRÉQUENCES	< 30 p : s	50 à 200	> 1.000	< 30 p : s	50 à 200	> 1.000
	53 ← → 65	25 ← → 19	2,5 ← → 2,5	80 ← → 75	22 ← → 15	2,5 ← → 2,5
	55 ← → 70	22 ← → 10	2 ← → 2	80 ← → 80	22 ← → 8	2,5 ← → 2
	53 ← → 65	19 ← → 8	2 ← → 2	78 ← → 78	20 ← → 7	1,5 ← → 1,5

N. B. Les 2 chiffres se rapportent aux mesures effectuées au voltmètre redresseur en amont et en aval du filtre :

vers génératrice ← → vers multiple.

On constate que le filtrage obtenu avec la self sans fer est légè-

rement meilleur. Dans les deux cas, les valeurs approximatives des selfs et des capacités sont les suivantes :

$$L = 0{,}5 \text{ millihenry.}$$

$$C = 20.000 \text{ microfarads (condensateurs électrolytiques).}$$

Au point de vue des parasites nuisibles, on peut considérer comme équivalentes la meilleure cellule de filtre et une batterie tampon de 4000 ampères-heures.

Pour terminer, il a paru intéressant de préciser, par quelques essais, l'influence d'un bruit parasite sur la netteté des conversations. Un multiple ayant été alimenté successivement par une mauvaise machine téléphonique, puis par une batterie, les mesures de netteté ont donné les moyennes suivantes :

sur machine ayant 200 mV de bruit téléphonique (50 à 200 p : s) au voltmètre redresseur.	netteté : 51 % [1].
sur batterie	: netteté : 58 %

Ces derniers chiffres montrent suffisamment l'intérêt présenté par une alimentation téléphonique parfaite, au point de vue de la qualité du service.

X. Conclusions générales.

L'examen des relevés oscillographiques nous a montré par quoi se distinguent les machines téléphoniques. Les tensions alternatives parasites modulant la tension continue ont des amplitudes très réduites par rapport aux génératrices ordinaires. Parmi les harmoniques dont on a reconnu la bonne propagation vers les postes d'abonnés, on note les fréquences liées directement à la vitesse de rotation des machines. Si f est la fréquence de rotation du rotor, les tensions parasites correspondantes peuvent avoir les fréquences : f, $2f$, $4f$, $6f$, $8f$. Pour les vitesses actuellement admises (1000 à 1500 tours-minute) les fréquences f et $2f$ demeurent sans inconvénient

1. Les essais ont été faits avec des postes 1924, capsule plate, ancien modèle.

pour deux raisons : les écouteurs les reproduisent assez mal et la sensibilité de l'oreille est généralement assez faible pour les sons correspondants. Par contre, les autres fréquences 4 *f*, 6*f*, etc..., se transmettent bien mieux et, au-delà d'une certaine amplitude, la netteté des conversations peut se trouver fortement diminuée.

Les fréquences parasites plus élevées, liées aux caractéristiques du collecteur, se propagent mal vers les postes d'abonnés. Signalons pourtant un inconvénient qui pourrait résulter de la coïncidence fâcheuse avec une fréquence propre de membrane d'écouteur.

Sans chercher à expliquer l'origine des différentes tensions parasites, rappelons seulement les quelques observations suivantes :

La fréquence *f* a une amplitude d'autant plus faible que la machine est mieux équilibrée au point de vue mécanique. Cette remarque peut servir si l'on désire éviter les trépidations.

Parmi les fréquences multiples pairs de *f*, la valeur 4 *f* est la plus répandue, tant sur les génératrices bi-polaires que tétrapolaires. Dans un cas particulier, il a semblé qu'on pourrait expliquer une tension parasite 6 *f* par les variations de vitesse dues aux oscillations du couple moteur (moteur synchrone à 6 pôles, absence de volant).

Enfin, les fréquences élevées, généralement de l'ordre de 2000 p : s, caractérisent la qualité de la commutation. Un ensemble collecteur-balais, bien conçu, n'engendre que des ondulations d'amplitude très réduite.

Les essais comparatifs effectués sur de nombreuses machines ont permis la détermination de tolérances pour chaque catégorie de parasites.

Ces tolérances, comme nous l'avons exposé plus haut, dépendent beaucoup du circuit de charge ; les chiffres indiqués dans le cas d'une résistance pure donnent le moyen de contrôler avec certitude, en plate-forme d'essai, les qualités téléphoniques d'une génératrice. Le dispositif voltmètre redresseur à oxyde de cuivre et filtres, décrit plus haut, constitue un instrument pratique de mesure. Il reste d'ailleurs bien entendu que ce dispositif, prévu pour le contrôle des génératrices téléphoniques de fabrication courante, ne pourrait s'appliquer sans modification à d'autres types de générateurs de courant continu. Si, par exemple, on voulait examiner

un redresseur statique, il faudrait tout d'abord, à l'oscillographe, reconnaître les principales fréquences parasites et en déduire les nouvelles caractéristiques des filtres.

D'une façon générale, pour une application quelconque, l'appréciation de la pureté du courant continu fourni par un générateur peut se faire au moyen d'un voltmètre redresseur, précédé d'un filtre convenable, déterminé par une étude analytique faite au préalable sur oscillogrammes par exemple.

L'examen de différents procédés capables d'améliorer une alimentation défectueuse a montré qu'on pouvait utiliser en débit direct des machines de mauvaise qualité téléphonique. Des dispositifs très simples et relativement peu coûteux tels que petites batteries d'accumulateurs ou condensateurs électrolytiques placés en shunt, permettent de ramener les amplitudes de tensions parasites à des valeurs admissibles. Ils évitent en outre la marche en tampon avec les batteries normales. Lorsqu'on envisage un service prolongé d'alimentation directe par génératrices, insuffisamment téléphoniques, on a intérêt à séparer dès le départ de la salle des machines les courants de signalisation et de conversation. On peut alors filtrer au moyen de cellules passe-bas classiques les courants de conversation qui ne représentent qu'une fraction du débit total (1 /5 environ dans le cas du Rotary).

La constitution de filtres pour des intensités de plusieurs centaines d'ampères, comme en nécessiteraient des machines ordinaires pour l'alimentation directe, soulève des difficultés d'ordre pratique très grandes. Si la réalisation de capacités de l'ordre de 10.000 μF est maintenant possible avec les condensateurs électrolytiques, la construction de selfs adaptées à un circuit extérieur d'impédance faible demeure peu pratique, d'autant plus que les fréquences à filtrer sont assez basses.

Les machines téléphoniques, que différents constructeurs sont capables de livrer depuis plusieurs années, semblent bien constituer la meilleure solution pour l'alimentation des centraux téléphoniques importants. Leur prix ne dépasse pas sensiblement celui qu'on aurait à payer pour des machines ordinaires et la qualité du service est au moins aussi bonne qu'avec des accumulateurs

(silence aussi parfait, tension mieux réglée). Leur appréciation, au point de vue téléphonique, peut se faire d'une façon précise.

Dans les conditions actuelles, la solution qui consisterait à utiliser des génératrices ordinaires et à filtrer ensuite les parasites nuisibles à la netteté des conversations, n'apparaît ni pratique ni intéressante ; le gain de rendement qu'on pourrait obtenir du côté des machines serait perdu du côté des filtres.

Il est certain que ces conclusions seraient à reprendre le jour où l'on s'adresserait à un autre type de convertisseur que le groupe moteur-génératrice.

Signalons pour terminer que certains constructeurs étudient, en ce moment, le problème de la commutatrice téléphonique, ainsi que la réalisation de redresseurs statiques à forte intensité. Il serait prématuré de donner un avis sur ces nouvelles solutions.

LA SURVEILLANCE DES COURANTS VAGABONDS DÉRIVÉS DES LIGNES DE TRACTION DANS LE RÉSEAU DE PARIS,

par R. DEMOGUE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

On considère actuellement que deux résultats paraissent acquis en ce qui concerne la propagation des courants vagabonds issus des lignes de traction :

1° contrarier le passage du courant des voies aux conduites voisines ;

2° faciliter le retour du courant par la voie ou par des feeders spéciaux.

Ces principes doivent être observés lors de l'établissement d'un réseau de traction. Mais il va de soi que lorsque le réseau de traction subit des modifications, ainsi que les réseaux de conduites métalliques de gaz, d'eau et de téléphone situés au voisinage, il y a des modifications dans le régime des courants vagabonds. Il est donc nécessaire de surveiller d'une manière permanente la circulation de ces courants.

L'arrêté technique réglementant les installations de traction impose à cet égard les prescriptions suivantes :

1° la différence de potentiel le long des voies ne doit pas dépasser 1,1 volt ou 2,2 volts le long d'un kilomètre de voies ; la moyenne de cette différence de potentiel doit être établie sur 24 heures ;

2° la compagnie de traction doit surveiller ses voies, d'une manière permanente, notamment en mesurant périodiquement la résistance des joints de rails.

Pratiquement, quelle définition peut-on donner de la différence de potentiel moyenne entre deux points d'une voie ?

Si nous relisons des pièces de procédure enfouies dans les

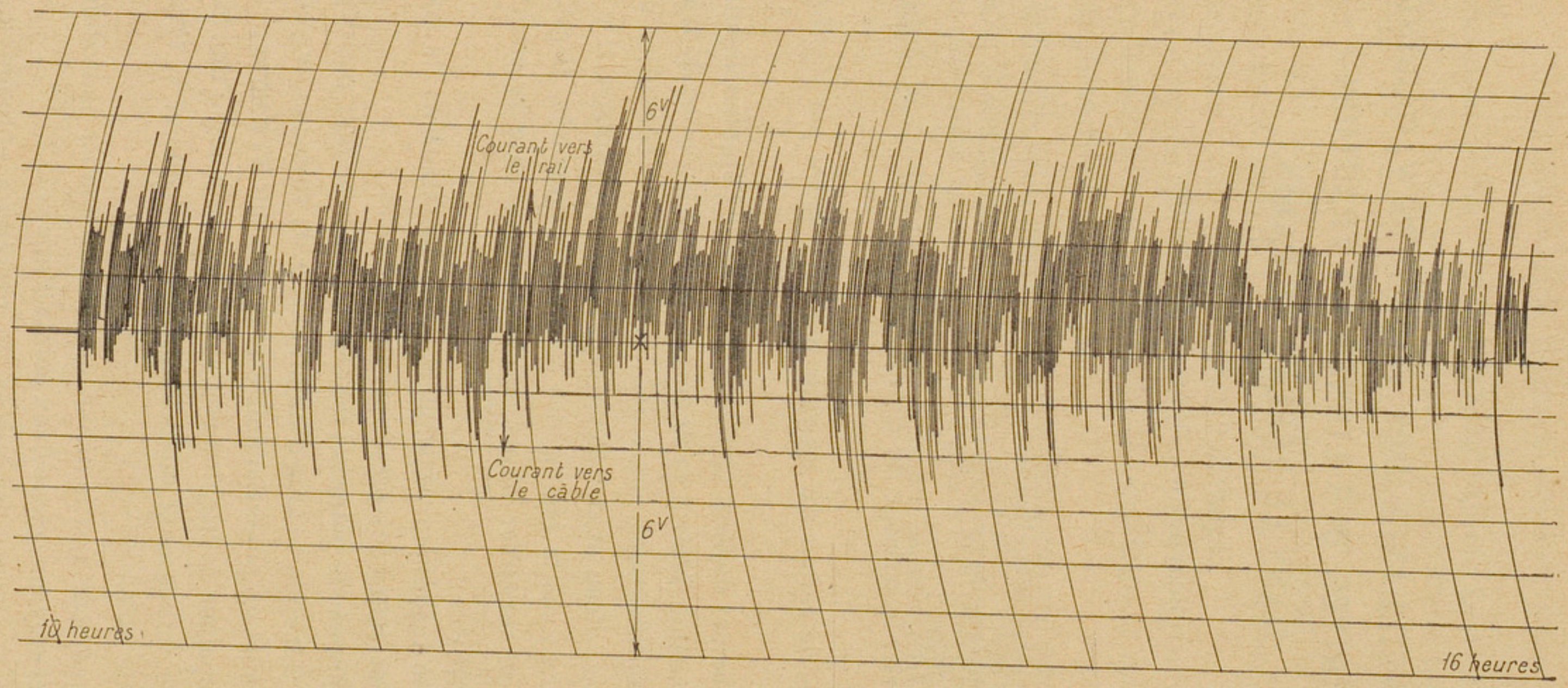

Courant vers le rail
6v
Courant vers le câble
6v
10 heures
16 heures

Fig. 1.

archives, nous voyons que certains ingénieurs se sont servis, pour la détermination de la moyenne, d'un voltmètre ordinaire et que, pendant 15 minutes, ils faisaient toutes les 5 secondes des lectures du voltmètre, soit 180 lectures en un quart d'heure. Actuellement, on se sert d'appareils enregistreurs dont le défaut principal est d'être mûs par un mécanisme d'horlogerie qui fait avancer le papier par saccades.

Si nous considérons un diagramme enregistré (fig. 1), nous avons une courbe discontinue, c'est-à-dire formée de pointes correspondant aux démarrages de tramways. Les pointes sont tellement nombreuses que l'on peut dire qu'une moyenne est impossible à faire.

Ce que l'on appelle moyenne est en réalité une quantité proportionnelle aux valeurs maxima correspondant aux démarrages.

Lorsqu'on fait 180 lectures en un quart d'heure, l'œil, inconsciemment ou non, se fixera sur la valeur maximum indiquée par l'aiguille de l'appareil et, ce que l'on obtiendra, c'est la moyenne de 180 lectures correspondant pour la plupart à des manœuvres du contrôleur des tramways.

Sur un diagramme enregistré, le tambour-support du papier étant mû par une roue dentée, c'est-à-dire par saccades, la courbe enregistrée sera faussée par les mouvements saccadés du mécanisme d'horlogerie ; si le tambour qui supporte le papier avance d'un cran juste à l'instant d'un démarrage, le courant enregistré a une durée plus grande que celle qu'il a en réalité ; au contraire, s'il est immobile pendant le démarrage, la durée enregistrée est nulle. L'erreur est plus forte sur les diagrammes de 24 heures que sur les diagrammes d'une heure.

Même en supposant qu'on puisse se servir d'un planimètre, ce qui est pratiquement impossible avec ce genre de courbes discontinues, on ne peut évaluer exactement une moyenne ayant une signification théorique en ce qui concerne la propagation des courants vagabonds. Tout ce que l'on pourra faire, c'est de prendre au petit bonheur, comme moyenne, une quantité proportionnelle à la moyenne des élongations maxima correspondant aux courants de démarrage et à leur nombre pendant l'unité de temps.

Une autre raison enlève toute valeur théorique à la règle du volt kilomètrique. Considérons par exemple la ligne de tramway n° 8 parallèle sur 8 kilomètres à une conduite d'eau de 1,10 mètre diamètre entre la gare de l'Est et Montrouge (fig. 2).

Cette conduite d'eau s'écarte sur plusieurs centaines de mètres du tramway ; le tramway suit l'avenue d'Orléans ; la conduite, l'avenue du Parc-de-Montsouris où il n'y a aucune ligne de traction. Mesurons l'intensité du courant dans la conduite d'eau en cet endroit où il n'y a pas de voies. Nous constaterons des pointes de courant de 100 ampères environ, correspondant aux démarrages de tramway c'est-à-dire que 2 à 3 cinquièmes de l'intensité absorbée par le moteur, au moment du démarrage, passent dans la conduite d'eau.

Nous ne voyons pas quelle signification théorique on peut donner à la mesure de la moyenne de la différence de potentiel

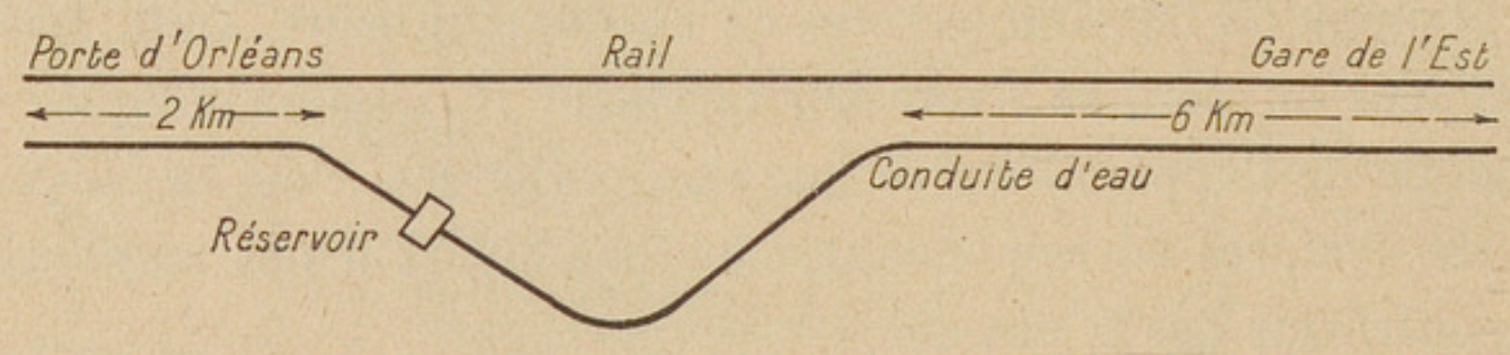


Fig. 2.

entre deux points de la voie sur la ligne 8. *La règle du volt kilométrique n'a de valeur qu'autant que l'intensité des courants vagabonds dérivés est négligeable vis-à-vis de l'intensité du courant ramené par les rails.*

En pratique, la perte de charge le long des rails est mesurée lors de l'établissement d'une nouvelle ligne de traction ; il est très rare qu'elle soit mesurée par la suite et, en tout état de cause, il n'y a pas de vérifications périodiques de cette perte de charge. Ce n'est donc pas à l'application de la règle du volt kilométrique que l'on doit rapporter l'amélioration du réseau de Paris, en ce qui concerne la diminution de l'électrolyse.

Beaucoup plus pratique et beaucoup plus importante est la question de la résistance électrique des rails. Il est indispensable d'établir des connexions de rails peu résistantes ; cette condition est actuellement fort bien remplie pour la plupart des joints de rails

de tramway. Reste à veiller sur le maintien en bon état de ces connexions.

La méthode la plus généralement utilisée consiste à comparer la résistance du joint à celle d'une certaine longueur de rail, en utilisant un voltmètre double ; le courant qui sert à donner les déviations aux aiguilles du voltmètre est le courant qui passe dans les rails.

On voit donc que l'arrêté technique prévoit des mesures assez efficaces pour surveiller la bonne conductibilité des rails de tramway, tandis que la règle du volt kilométrique prévue pour surveiller l'ensemble de l'installation est nettement insuffisante.

Le problème qui consiste à contrarier le passage des courants vagabonds ne peut être résolu que si, d'abord, on surveille d'une manière continue la circulation de ces courants vagabonds. Et la règle du volt kilométrique ne permet pas une telle surveillance. En fait, depuis 1919, date à laquelle a été créé à Paris un service d'essais périodiques pour surveiller les variations dans le passage des courants vagabonds des rails vers les câbles téléphoniques, on peut dire que la règle du volt kilométrique n'est plus la règle essentielle qui régit les rapports entre l'administration des Postes et Télégraphes et la Société des Tramways.

La méthode consiste en deux éléments principaux :

1° Mesurer périodiquement la différence de potentiel entre câbles et rails en des points judicieusement choisis ;

2° Mesurer périodiquement la différence de potentiel entre deux points d'un même câble, dans lequel on a reconnu l'existence d'un courant vagabond.

La période choisie pour les essais est très variable suivant l'importance du câble téléphonique et l'importance du courant vagabond qui le menace. En principe, la période n'est jamais supérieure à deux ans. En certains points, les mesures sont faites tous les trois mois et parfois même plus souvent. Tous ces essais périodiques sont faits au millivoltmètre. Dans les zones menacées d'électrolyse, on fait périodiquement usage d'appareils enregistreurs, afin de garder trace du passage du courant vagabond en vue de toute éventualité.

En principe, les mesures faites sur les câbles n'intéressent

que le Service et sont conservées dans les archives. Mais les mesures entre câbles et rails intéressent la Société des Tramways. Un relevé de ces mesures est transmis périodiquement à la Société des Tramways qui est renseignée ainsi sur l'état de son réseau de traction par rapport au réseau de câbles téléphoniques. Il appartient à la Compagnie responsable ainsi renseignée de prendre les mesures qui lui paraissent susceptibles de diminuer l'intensité des courants vagabonds.

Il y a danger d'électrolyse lorsque les câbles sont positifs quelle que soit la valeur de la différence de potentiel entre câbles et rails ; mais lorsque le rail est positif par rapport au câble, il semble que des différences de potentiel de un à deux volts ne soient pas inquiétantes et qu'il n'y ait lieu de s'inquiéter que des différences supérieures à trois volts. La consultation du registre d'essais tenu dans le service de Paris depuis 1920 donnerait d'utiles renseignements aux fonctionnaires chargés de discuter la question de la limitation de la différence de potentiel entre le rail et les canalisations voisines.

Dans la réglementation suisse, il est question d'une différence de potentiel entre rail et sol qui ne doit pas dépasser 0,8 volt dans la *zone de corrosion*. Il s'agit d'une différence de potentiel moyenne correspondant à un trafic ininterrompu de 24 heures. Nous avons déjà présenté plus haut quelques objections au sujet de la difficulté de définir cette moyenne dans le cas de courbes très discontinues. Mais comment peut-on définir le sol ? Est-ce un plan horizontal suffisamment profond pour représenter une surface équipotentielle ? En ce cas, pour appliquer la réglementation suisse il faudrait, vu la présence du Métropolitain sous la plupart des artères parcourues par le tramway aller chercher le sol à une profondeur excessive.

Ne serait-il pas préférable de rapporter les différences de potentiel le long des rails à une ou plusieurs terres choisies convenablement, par exemple des terres situées au fond de la Seine ? Mais cela nécessiterait des fils pilotes de grande longueur, ce qui est aussi un grand inconvénient.

La seule méthode vraiment pratique reste encore la méthode

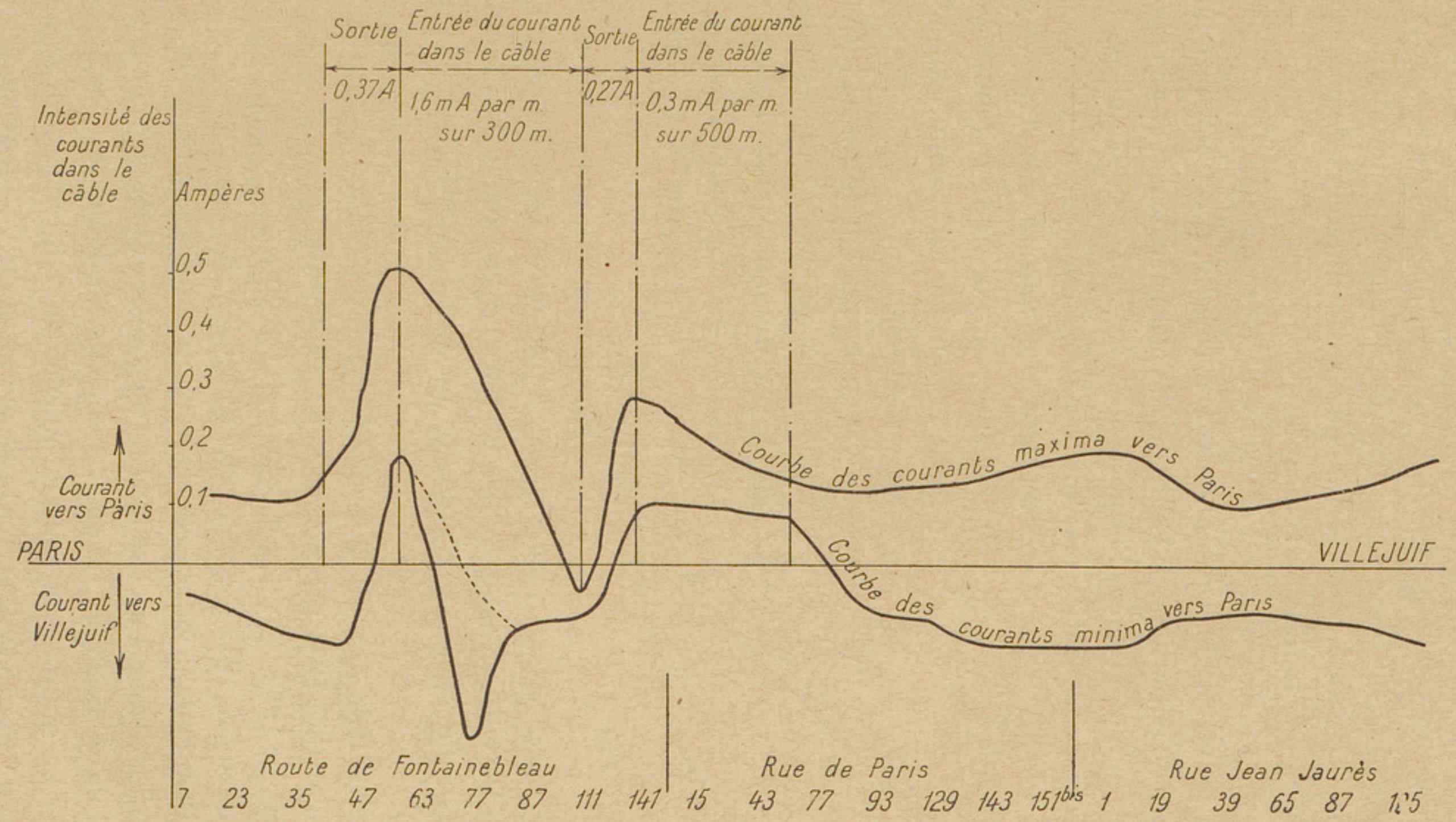

Sortie
Entrée du courant dans le câble
Sortie
Entrée du courant dans le câble
0,37A
1,6 mA par m. sur 300 m.
0,27A
0,3 mA par m. sur 500 m.
Intensité des courants dans le câble
Ampères
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
Courant vers Paris
PARIS
VILLEJUIF
Courant vers Villejuif
Courbe des courants maxima vers Paris
Courbe des courants minima vers Paris
Route de Fontainebleau
Rue de Paris
Rue Jean Jaurès
7 23 35 47 63 77 87 111 141
15 43 77 93 129 143 151bis
1 19 39 65 87 105

Fig. 3.

mise en œuvre depuis 1920 par Winterer dans le réseau de Paris, et qui consiste à mesurer les différences de potentiel entre les conducteurs placés au voisinage du sol, là où il est possible de le faire ; et, bien entendu, inutile de perdre son temps à déterminer une moyenne. Le maximum et le minimum de la différence de potentiel fournissent une indication suffisante.

Citons un exemple de l'efficacité de cette méthode.

En janvier 1930, rue Labordèse, à Neuilly, il est constaté une différence de potentiel maximum de 25 volts entre le rail et un câble. On saisit immédiatement l'importance de cette anomalie puisque les différences de potentiel maxima sont normalement de l'ordre de 3 volts. La Société des Tramways, prévenue, a pu réparer immédiatement le joint de rail rompu, cause de cette anomalie.

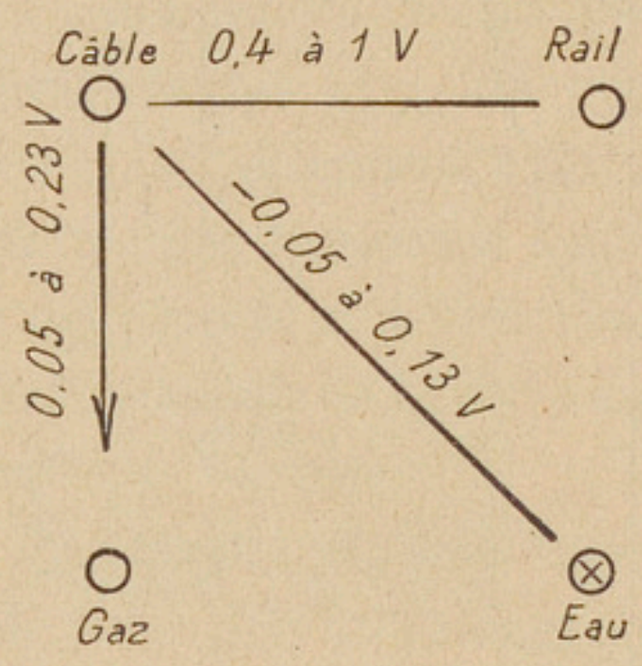


Fig. 4.

Il va de soi que les observations faites ne sont pas toujours aussi nettes ; néanmoins, elles expriment le résultat des transformations que la Société des Tramways apporte à son réseau.

Par exemple : prenons les observations faites en un même point à plusieurs mois d'intervalle.

Au Perreux, avenue de Bry, les mesures ont donné les résultats suivants : (le signe — représente un câble négatif par rapport au rail).

7 avril 1931 : + 2,4 volts à — 0,3 volt.
5 novembre 1931 : + 1,4 volt à — 1,2 volt.
19 février 1932 : + 4 volts à + 0,9 volt.
9 novembre 1932 : + 3 volts à + 0,7 volt.

On en déduit qu'il y a, en cet endroit, un problème à résoudre.

Enfin, donnons un exemple de mesures de différences de potentiel le long d'un câble. Le diagramme (fig. 3) donne les courbes de maxima et minima de courant relevés au millivoltmètre le long d'un câble Paris—Villejuif. On reconnaît qu'il y a deux points du câble susceptibles d'être électrolysés, où il y a sortie de courant.

On notera aussi que, entre les numéros 63 et 77 de la route de Fontainebleau, il y a une différence anormale entre la courbe des maxima et celle des minima. Cette anomalie est due à des échanges de courant entre le câble et des conduites voisines (fig. 4).

On ne doit pas conclure de ce qui précède qu'il est possible d'apprécier exactement, par des méthodes purement électriques, le danger d'électrolyse qui menace un câble. Il y a eu effectivement de l'électrolyse en un des points indiqués par le diagramme des courants. Mais, si l'on s'en réfère aux expériences de M. Bourquin, de l'Office de contrôle suisse, on doit admettre que la quantité

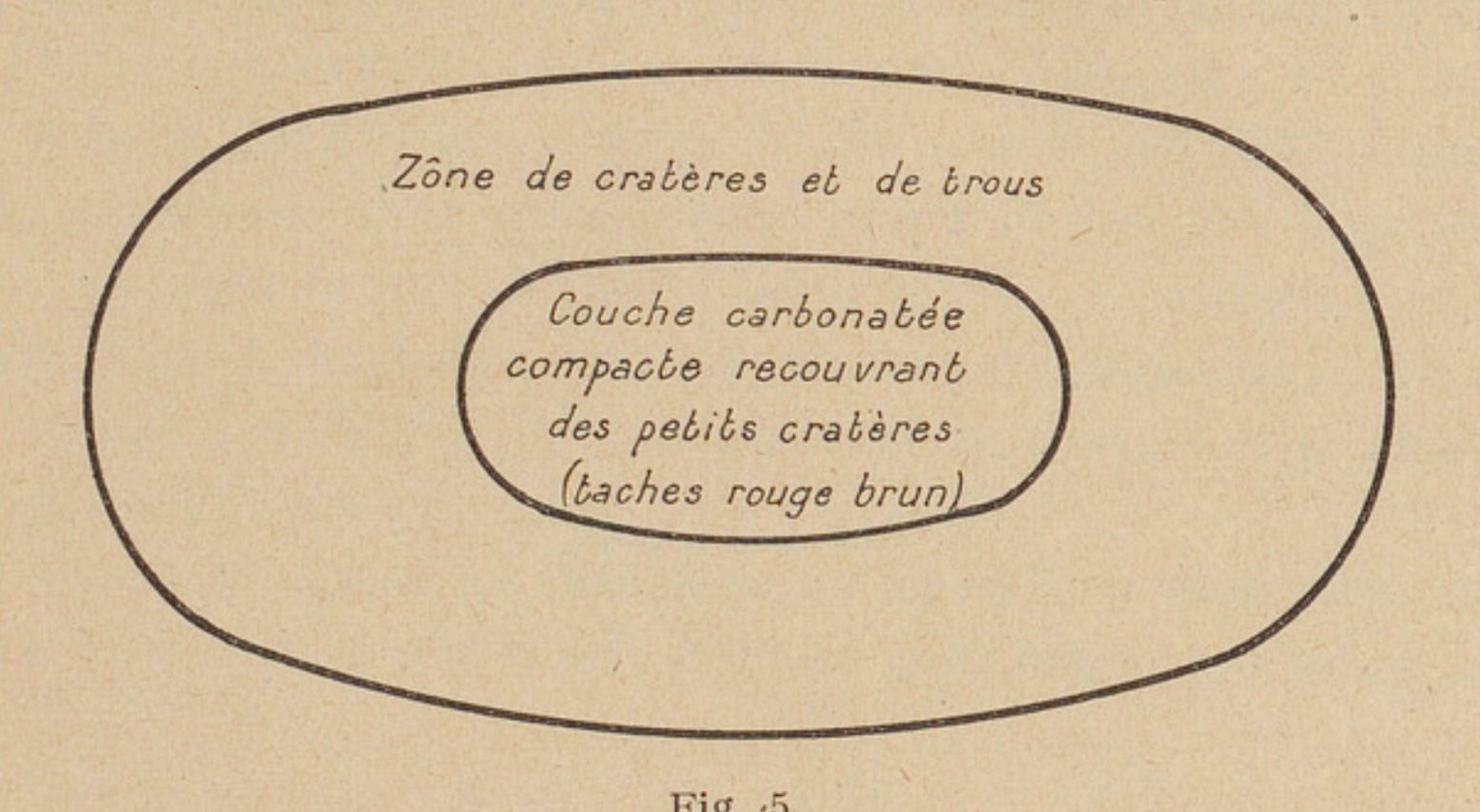


Fig. 5.

de plomb enlevée à l'anode par un courant électrique vagabond est notablement inférieure à la quantité théorique que l'on calculerait, à partir de l'intensité du courant sortant du câble, en appliquant la loi de Faraday.

D'autre part, la corrosion peut être accélérée ou retardée suivant les produits chimiques contenus dans l'égout ou le sol. Le phénol et l'eau de Javel accélèrent l'attaque du plomb. Au contraire, lorsqu'il y a formation de produits carbonatés, on peut constater que la corrosion cesse ; nous avons eu l'occasion d'observer le cas de corrosion suivant à Athis-Mons (fig. 5). Au centre, une couche compacte de carbonate basique de plomb. Autour de la tache centrale, une série de trous et de cratères. En brisant la carapace de carbonate basique, il apparût des petits cratères de 1 à 2 mm de diamètre, renfermant l'oxyde rouge brun de plomb.

Ces cratères avaient été littéralement étouffés par la formation du carbonate, et le courant avait continué à passer autour de la tache centrale.

Il n'est donc pas possible de prévoir d'avance, par une méthode purement électrique, à quelle date un câble sera mis hors service par l'électrolyse.

SUR LA DÉFINITION DE DEUX PRISES DE TERRE DISTINCTES,

par R. BIGORGNE et P. MARZIN,
ingénieurs des Postes et Télégraphes.

Pour certaines applications, on est conduit à réaliser, en un lieu déterminé, des prises de terre *distinctes* : c'est ainsi que l'arrêté du Ministre des Travaux publics, en date du 30 mai 1932, relatif aux conducteurs et aux prises de terre, prescrit (article 1er, alinéa 5e) que « les prises de terre des parafoudres de chaque catégorie et des points neutres de chaque catégorie doivent être *distinctes* ».

On peut définir de la façon suivante ce qu'on doit entendre par prises de terre distinctes.

Supposons qu'on ait réalisé, en un même lieu, deux prises de terre voisines X et Y. On sait (1) qu'on peut définir et mesurer la

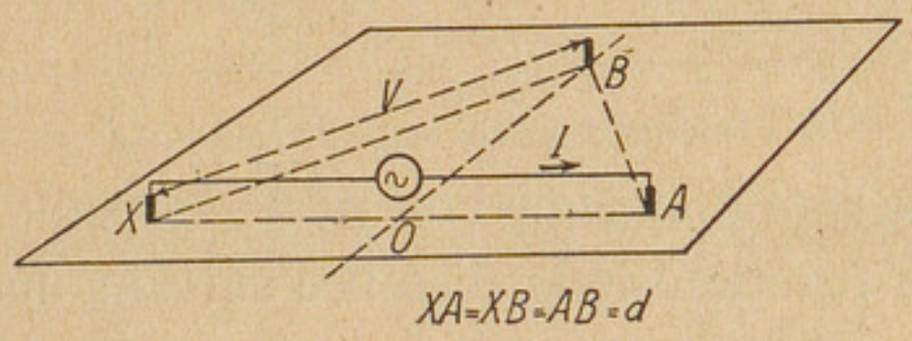


Fig. 1.

résistance X_0 de la prise de terre X de la manière que voici : A et B désignant deux prises de terre auxiliaires, très éloignées l'une et l'autre et très éloignées de la terre X (fig. 1), on mesure, à l'aide d'un ohmmètre de terre, le rapport :

$$X_0 = \frac{V_0}{I}$$

ayant pour dénominateur l'intensité I d'un courant établi entre la

---

1. Voir « Sur la définition et la mesure de la résistance d'une prise de terre », *Annales des P.T.T.*, avril 1933.

terre X et la terre A et ayant pour numérateur V_0 la différence de potentiel qu'on observe, dans ces conditions, entre l'entrée de la terre X et la terre B.

Si on effectue ensuite la même mesure, par la même méthode, au moyen du même appareil, en remplaçant simplement la terre éloignée B par la terre Y (supposée voisine de X) et si on trouve un résultat X_1 peu différent du résultat précédent X_0, on peut dire que les terres voisines X et Y sont *distinctes* ; elles sont d'autant plus distinctes que X_1 diffère moins de X_0.

Il est facile de voir qu'une telle définition correspond bien à la préoccupation qui fait exiger, dans certains cas, que deux terres voisines soient distinctes.

Supposons en effet que la prise de terre X écoule un courant d'intensité I, courant qui se ferme par une terre éloignée A ; autour

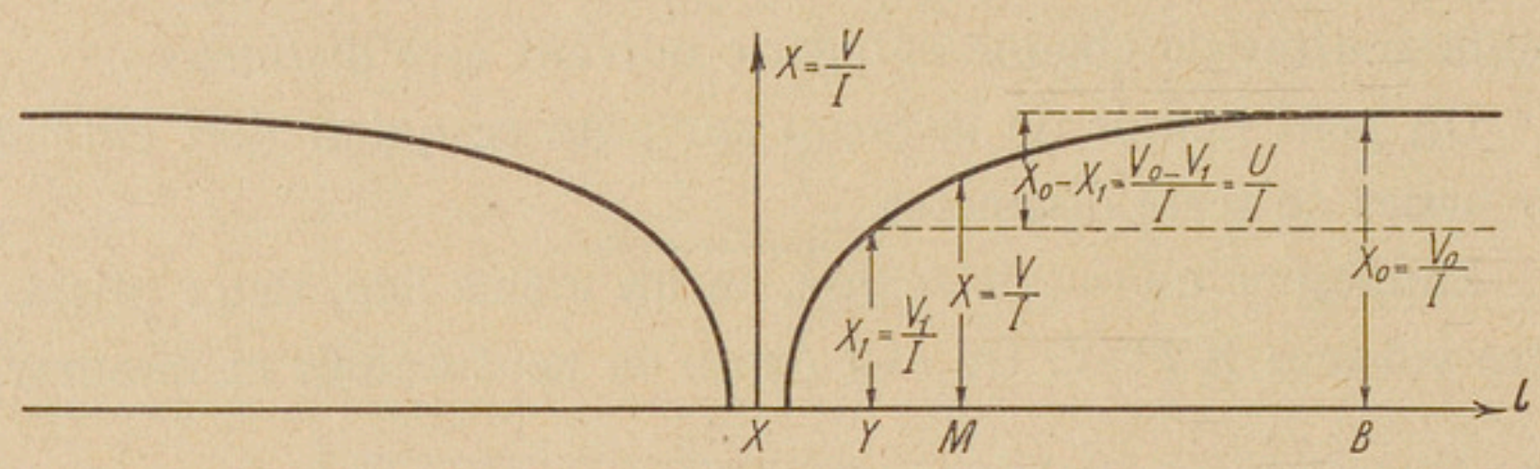


Fig. 2

de la terre X, le potentiel auquel est porté un point M de la surface du sol varie en fonction de la distance suivant une courbe ayant l'allure indiquée sur la figure 2 (sur cette figure on a porté en abscisse la distance XM $= l$ et on a porté en ordonnée non pas la différence de potentiel V mesurée entre l'entrée de la terre X et le point M mais le rapport $X = \frac{V}{I}$ de cette différence de potentiel à l'intensité du courant total circulant dans la terre X et dans la terre éloignée A). A partir d'une certaine distance X M, cette courbe présente sensiblement un palier horizontal [1]. En principe, pour mesurer la résis-

1. Dans le cas où l'électrode X est un hémisphère de rayon r et où la terre A est infiniment éloignée, l'hyperbole d'équation :

$$X = X_0 \left(1 - \frac{r}{l}\right)$$

tance de terre X_0 conformément à la définition donnée plus haut, on doit choisir la terre auxiliaire B dans la région correspondant à ce palier de sorte que l'entrée de la terre X présente par rapport à cette région du sol une différence de potentiel dont l'expression est, par définition même de la résistance de terre X_0 :

$$V_0 = X_0 \, I$$

Entre l'entrée de la terre X et l'entrée de la terre voisine Y, il existe une différence de potentiel dont l'expression est, en raison même de la méthode employée pour déterminer la résistance X_1,

$$V_1 = X_1 \, I.$$

Il en résulte que l'entrée de la prise de terre Y est portée, par rapport à la région du sol à potentiel sensiblement constant, correspondant au palier de la courbe, à une tension U :

$$U = V_0 - V_1 = (X_0 - X_1) \, I$$

qui est d'autant plus grande que la différence $X_0 - X_1$ est elle-même plus grande : c'est cette différence de potentiel U qui, dans certaines conditions, peut devenir dangereuse. Si X est une terre de protection d'une ligne à haute tension ($X_0 = 10$ ohms, par exemple) et si Y est la terre du conducteur neutre d'une ligne à basse tension

---

représente la variation de X en fonction de la distance l, le point M étant placé dans un azimut quelconque autour de X.

Dans le cas où la terre A est à distance finie, la courbe représentant la

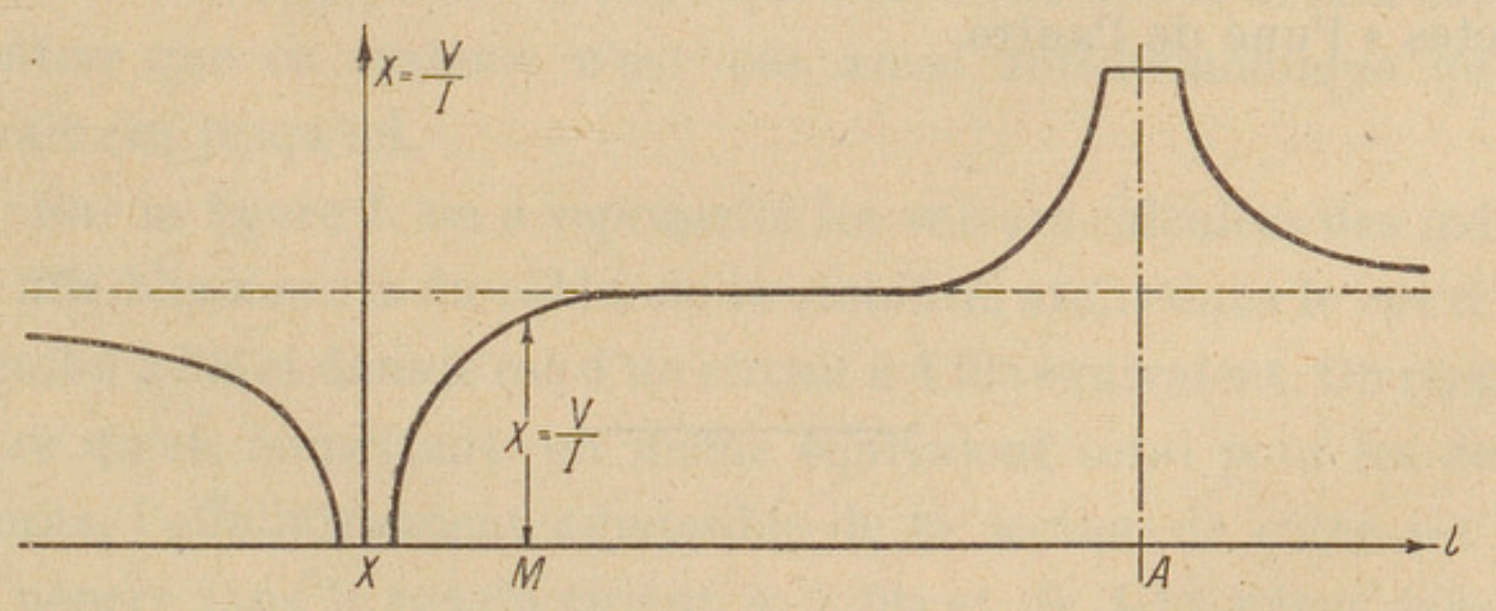


Fig. 3.

variation de X en fonction de l, lorsque le point M se déplace le long de la droite X A, possède, au milieu de X A, un point d'inflexion dont la tangente est d'autant plus horizontale que la distance X A est plus grande (fig. 3).

(placée et constituée de façon que $X_1 = 7{,}5$ ohms, par exemple), ce conducteur neutre (fig. 4) est porté, par rapport au sol environnant, à la tension :

$$U = (X_0 - X_1)\, I = 2{,}5 \times 100 = 250 \text{ volts},$$

dans le cas où la terre X vient, par exemple, à écouler un courant d'intensité $I = 100$ ampères. On voit qu'on a intérêt, pour diminuer cette tension U, à rendre petite la différence $X_0 - X_1$. Cela conduit

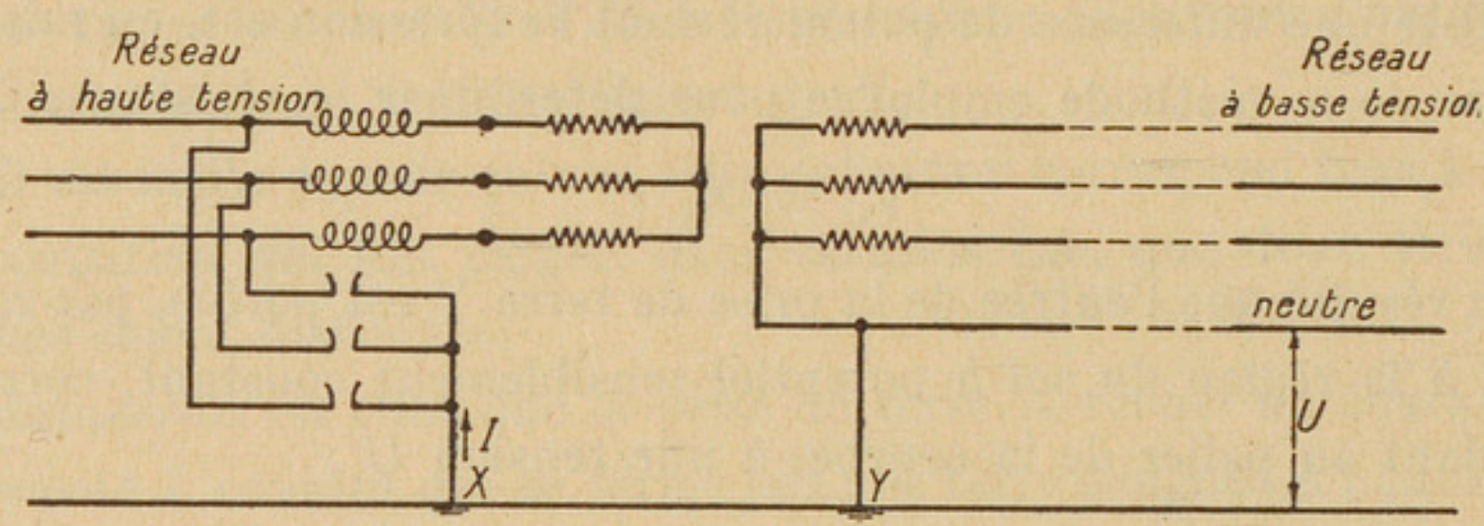


Fig. 4.

en pratique non seulement à éloigner autant que possible l'entrée de la prise de terre Y de l'entrée de la prise de terre X, mais encore à faire en sorte que les électrodes métalliques enterrées pour réaliser chacune des ces deux terres n'aient ni point commun, ni parties trop voisines : la diffèrence $X_0 - X_1$ et la tension dangereuse :

$$V = (X_0 - X_1)\, I$$

sont d'autant plus petites que les terres X et Y sont plus « distinctes » l'une de l'autre.

UN NOUVEAU SYSTÈME TÉLÉPHONIQUE AUX PAYS-BAS [1],

par A. H. DE VOOGT.

La construction des câbles téléphoniques pupinisés munis de répéteurs a atteint un très haut degré de perfection. Très souvent, les valeurs de 3,5 népers pour le point d'amorçage des oscillations et de 10 népers pour l'affaiblissement de diaphonie sont atteintes. Toutefois, le prix de ces câbles et les frais de leur pose sont si élevés qu'on peut se demander si ce système est réellement le seul moyen procurant un réseau téléphonique efficace pour écouler le trafic national et international.

Le gain dans un sens de transmission d'un répéteur à deux fils dans les conditions normales de fonctionnement ne dépasse pas 1,5 à 1,8 néper, tandis que le gain maximum d'une lampe amplificatrice avec les transformateurs d'entrée et de sortie peut atteindre 2,8 à 3 népers. Pour pouvoir utiliser complètement ce gain maximum de la lampe, il est nécessaire d'appliquer le système à 4 fils à tous les circuits téléphoniques et le but de cet article est de montrer que ce système n'est pas aussi anti-économique qu'on l'avait cru jusqu'ici.

Sur la figure 1, on a représenté les valeurs calculées des gains, des affaiblissements du câble, de la stabilité, etc... dans le cas d'un circuit à 2 fils et dans le cas d'un circuit à 4 fils équivalent. On remarquera qu'en admettant un même équivalent total pour les deux circuits, l'affaiblissement admissible de la section de câble est de 2,8 népers dans le cas du circuit à 4 fils et de 1,18 néper dans le cas du circuit à deux fils ; par conséquent, le poids de cuivre

---

1. Extrait d'un article paru dans le *Post office electrical engineers' journal* d'octobre 1932.

nécessaire dans le cas du circuit à 4 fils n'est pas le double de celui qui est nécessaire dans le cas du circuit à 2 fils. Dans le cas de circuits ayant un plus grand nombre de sections d'amplification, les résultats sont encore relativement plus favorables au système à 4 fils, car pour une stabilité donnée, il est nécessaire de réduire le gain des répéteurs à deux fils consécutifs.

On sait que, dans le cas des circuits à 4 fils, il est nécessaire de séparer les voies d'aller des voies de retour. Lorsque le nombre des circuits est grand, le meilleur procédé, pour séparer les voies

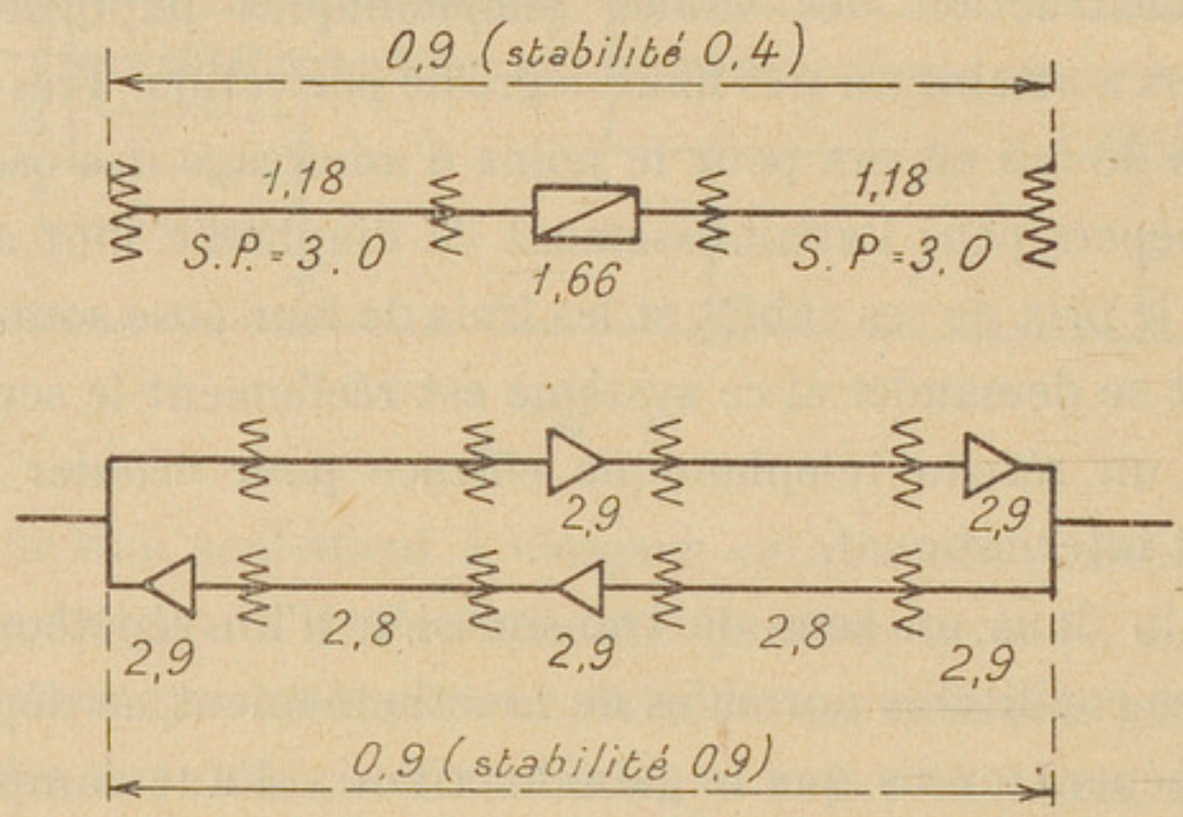


Fig. 1. — Comparaison des systèmes à 2 et à 1 fils.

d'aller et les voies de retour, consiste à utiliser deux câbles. l'un pour les voies d'aller et l'autre pour les voies de retour. Dans ces conditions, il est évident que l'affaiblissement de diaphonie est supérieur de 1 néper dans le cas des circuits à 4 fils à celui qu'on aurait dans le cas des circuits à 2 fils, en utilisant des câbles de même qualité, cette différence étant égale au double de la perte aux termineurs. C'est pourquoi, dans le cas du système de téléphonie à 4 fils, on peut réaliser pour l'ensemble du circuit les mêmes conditions de diaphonie en utilisant un câble ayant un plus petit affaiblissement de diaphonie, c'est-à-dire un câble de moins bonne qualité et de prix moins élevé. D'autre part, la pose et l'équilibrage d'un tel câble sont plus simples que la pose d'un câble pupinisé de haute qualité.

Les conditions relatives au point d'amorçage des oscillations

sont aussi moins rigoureuses dans le cas des circuits à 4 fils et, pour cette raison également, le prix et les dépenses d'installation sont moins élevés dans ce cas. En fait, il est possible d'utiliser un câble de lignes d'abonnés de bonne qualité et pour cette raison, après avoir étudié avec soin cette question au point de vue économique, l'administration des Pays-Bas a résolu d'appliquer le système à 4 fils d'une façon générale à tous les circuits interurbains des Pays-Bas. Dans le calcul des prix, on a tenu compte du fait que le nombre de répéteurs nécessaires dans le cas de la figure 1 est deux fois plus grand dans le cas du circuit à 4 fils que dans le cas du circuit à 2 fils ; s'il y a un plus grand nombre de sections d'amplification, l'importance relative de cette différence de prix diminue car elle provient uniquement des répéteurs terminaux. De plus, il est évident que la construction d'un répéteur à un seul sens de transmission et à une lampe unique est très simple ; il n'y a pas d'équilibreurs et le transformateur de sortie peut être connecté soit comme un transformateur de sortie ordinaire (dans le cas d'un répéteur intermédiaire), soit comme un transformateur différentiel (ou termineur dans le cas d'un répéteur terminal). Il en résulte une très grande uniformité et une grande souplesse dans la construction des stations de répéteurs. Pour des raisons indiquées plus bas, on n'insère pas de correcteurs (de distorsion) dans les répéteurs ; des condensateurs sont insérés au milieu des enroulements des transformateurs de ligne pour corriger la transmission des basses fréquences. Il est évident qu'à cause de toutes ces modifications, le prix d'un tel *demi-répéteur* est très inférieur au prix d'un répéteur ordinaire à deux fils. Enfin, en comparant les deux systèmes représentés sur la figure 1 au point de vue des répéteurs, on doit se rappeler que, dans le cas de circuits à 4 fils, il n'est pas nécessaire de recourir à des répéteurs sur cordon pour interconnecter deux circuits, tandis que, dans le cas des circuits à deux fils, il est nécessaire de prévoir un certain nombre de répéteurs sur cordon.

En ce qui concerne la pupinisation des câbles, on a considéré que la charge devait servir non seulement à réduire l'affaiblissement, mais également à améliorer certaines caractéristiques des circuits qui sont maintenant considérées comme très importantes : la lar-

geur de la bande des fréquences effectivement transmises, les phénomènes transitoires, la distorsion non linéaire, etc... C'est pourquoi on a adopté un type de charge constitué par des bobines Pupin de 65 millihenrys espacées de 3,68 kilomètres. Comme le pas de pupinisation normal adopté précédemment aux Pays-Bas était de 1,634 kilomètre, le nombre de bobines Pupin nécessaire dans le

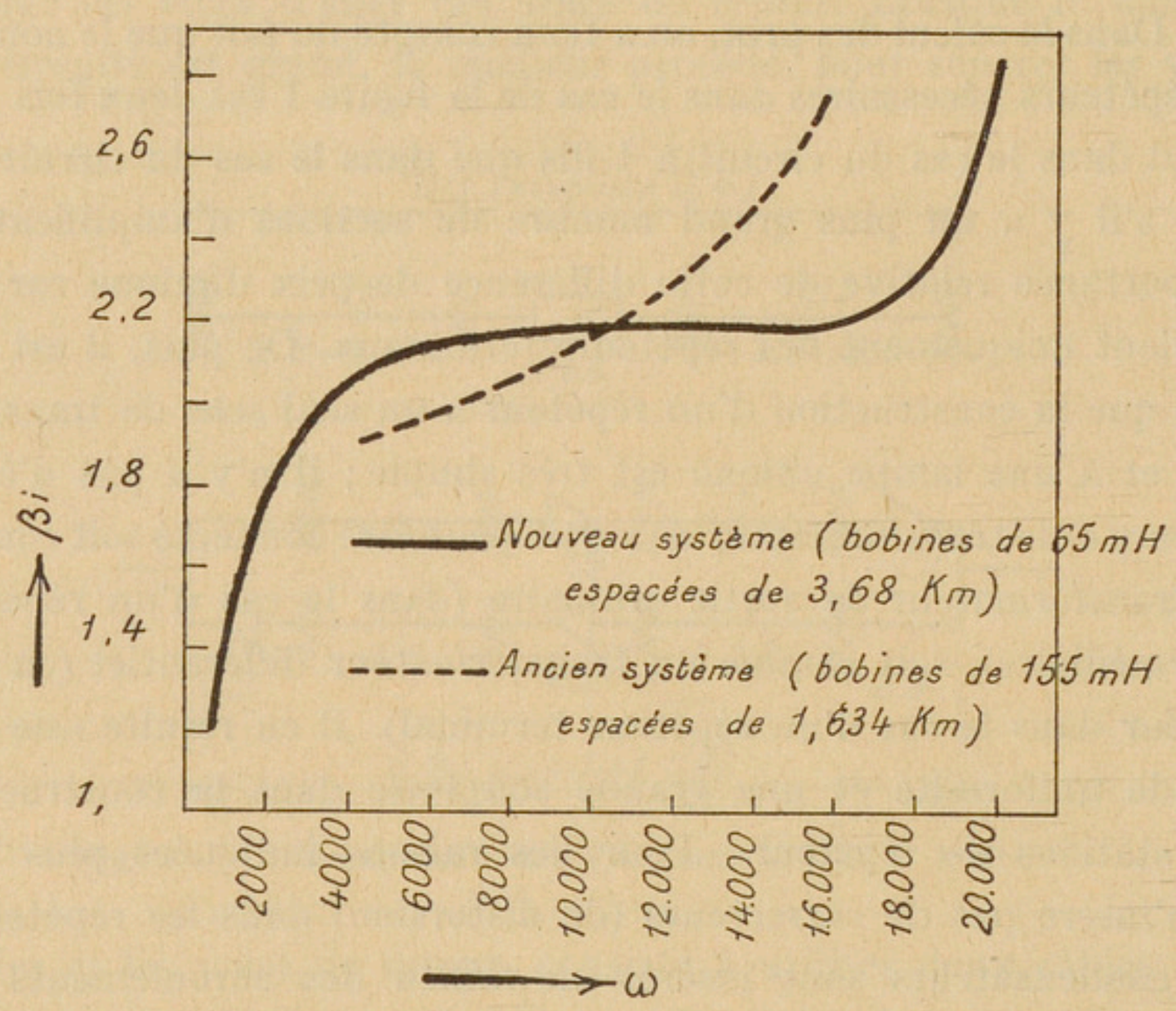


Fig. 2. — Courbe représentative de l'affaiblissement aux diverses fréquences.

cas du système à 4 fils est sensiblement le même que dans le cas du système à 2 fils.

Ce type de charge a été utilisé dans le câble double Amsterdam-Utrecht ; chaque câble comprend 105 quartes de conducteurs de 0, 8 mm de diamètre (pesant 16 livres par mille environ) câblés en étoile et, en outre, une paire de conducteurs sous écran pour le relais des émissions radiophoniques. La longueur de ce câble est de 48 kilomètres et sa caractéristique d'affaiblissement aux diverses fréquences, relevée expérimentalement, est représentée sur la figure 2. Cette courbe est beaucoup plus avantageuse que la courbe en pointillé représentant l'affaiblissement d'un circuit ordinaire à 2 fils

(conducteurs de 1,24 mm de diamètre chargés de bobines de 155 millihenrys espacées de 1,634 kilomètre). On voit clairement que les correcteurs (de distorsion) ne sont plus nécessaires, car la courbe est pratiquement horizontale pour les pulsations supérieures à 6000 radians (900 p : s). Pour les pulsations plus basses, un condensateur connecté en série suffit pour réaliser la correction nécessaire.

La bande des fréquences effectivement transmises s'étend jusqu'à la pulsation 18.000 radians (2880 p : s environ), c'est-à-dire

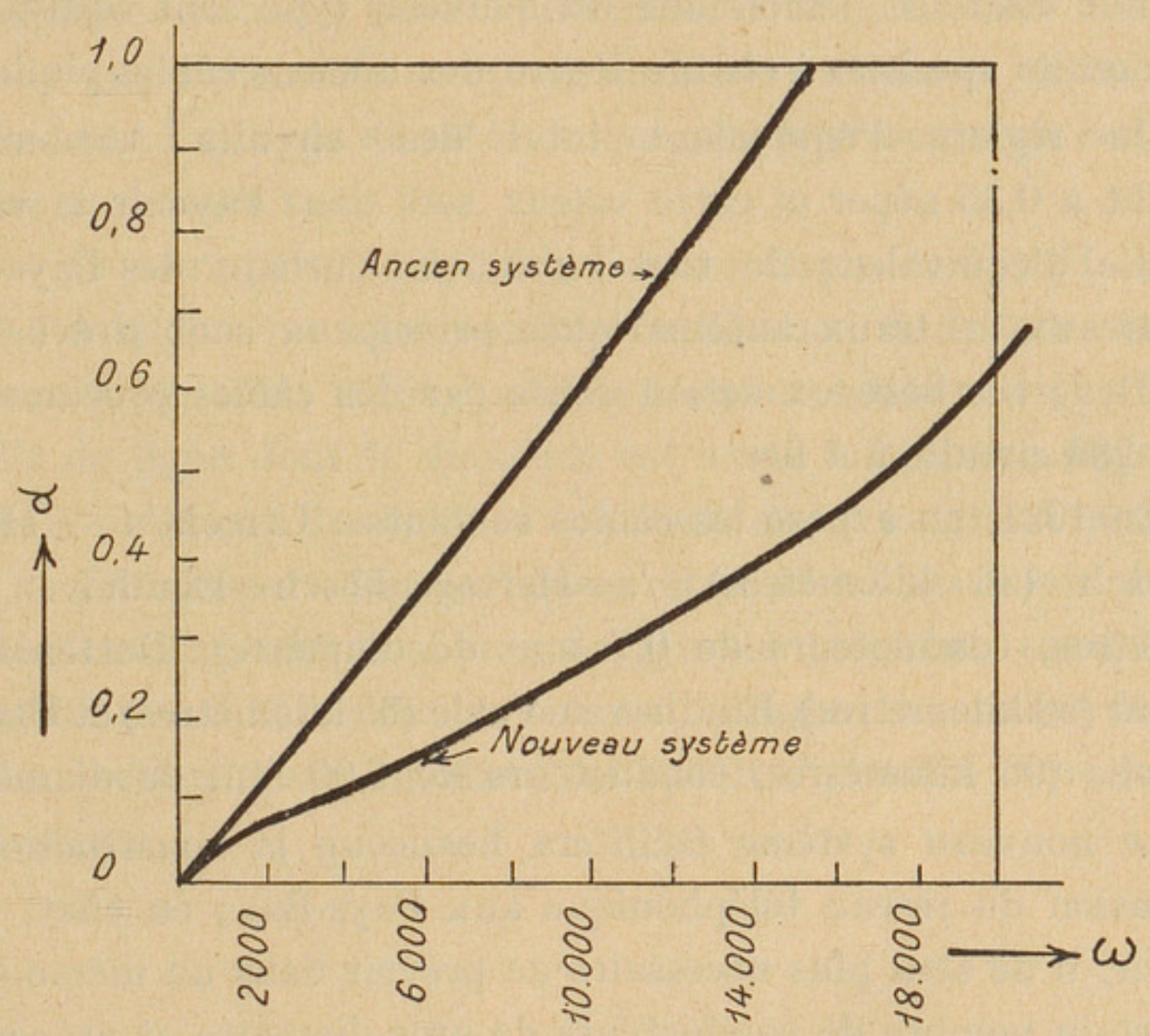


Fig. 3. — Conditions au point de vue de la vitesse de propagation.

jusqu'à 84 % de la pulsation de coupure du câble. Dans le cas du système à deux fils, cette valeur ne dépasse pas 75 %.

Les conditions relatives à la vitesse de propagation sur les circuits du nouveau type et sur les circuits de l'ancien type sont indiquées sur la figure 3.

Il est bien évident que le nouveau système procure des circuits de très haute qualité et, bien que les essais de ces câbles du nouveau type ne soient pas encore terminés, on peut affirmer qu'un circuit de ce type doit permettre une bonne transmission à plus de 2.500 kilomètres.

Dans le cas de la transmission téléphonique à grande distance, la valeur de la durée des phénomènes transitoires (différence entre le valeurs minimum et maximum de $\frac{d\,a}{d\,\omega}$ pour une distance de 1000 kilomètres et une bande de fréquences effectivement transmises, s'étendant de 300 à 2400 p : s, est de 22 millisecondes dans le cas de l'ancien type de charge (charge forte) et de 9,5 millisecondes dans le cas du nouveau type de charge. Pour la téléphonie à grande distance, les circuits du nouveau type sont équivalents aux circuits spéciaux à charge légère des anciens câbles pupinisés.

On règlera l'équivalent total des circuits Amsterdam-Utrecht à 0,35 néper et cette valeur sera dans l'avenir la valeur normale d'équivalent de tout circuit interurbain des Pays-Bas. 22 bureaux centraux automatiques principaux sont prévus aux Pays-Bas ; ces bureaux seront reliés par des câbles procurant de 150 à 288 circuits à 4 fils.

En 1931, on a posé les câbles suivants : Utrecht's — Hertogenbosch (56 kilomètres), 's—Hertogenbosch—Eindhoven (36 kilomètres, conducteurs de 0,7 mm de diamètre), Rotterdam—Utrecht (58 kilomètres), Eindhoven-Venlo (65 kilomètres) et Utrecht —Zwolle (96 kilomètres, conducteurs de 1,00 mm de diamètre).

Le nouveau système facilitera beaucoup la construction et l'extension du réseau téléphonique aux Pays-Bas ; en effet, dans l'avenir, il ne sera plus nécessaire de prévoir dans un même câble un certain nombre de conducteurs de gros diamètre et un certain nombre de conducteurs de petit diamètre, ce qui est très compliqué et peu pratique ; on n'aura donc plus besoin de déterminer à l'avance les nombres optima des circuits de chaque genre. Il n'y aura désormais que deux types de conducteurs : des conducteurs de 0,8 mm de diamètre pour les circuits dont la longueur ne dépasse pas 60 kilomètres et des conducteurs de 0,9 mm ou de 1,0 mm de diamètre pour les circuits de plus grande longueur.

Enfin, il y a encore deux points particuliers qui méritent d'être signalés. La qualité du câble utilisé est peu supérieure à celle d'un câble de lignes d'abonnés du genre ordinairement employé aux Pays-Bas ; la différence de prix ne dépasse pas 10 à 15 % tandis

que le prix des câbles pupinisés utilisés jusqu'ici était jusqu'à 50 % plus élevé que celui d'un câble ordinaire de lignes d'abonnés. Comme il est nécessaire d'avoir des câbles de lignes d'abonnés de bonne qualité dans les réseaux téléphoniques urbains automatiques, la qualité des câbles de lignes d'abonnés a été très améliorée au cours des dernières années. Or, comme on l'a mentionné ci-dessus, la qualité des câbles interurbains utilisés dans le nouveau système décrit ci-dessus a pu être abaissée par rapport à celle des anciens câbles pupinisés de haute qualité ; il semble donc qu'il existe une tendance vers une unification complète des divers câbles et un emploi, dans l'avenir, d'un type de câble unique, ce qui présenterait certainement des avantages.

D'autre part, l'emploi de bobines Pupin de 65 mH espacées de 3 à 4 kilomètres rend possible l'utilisation de bobines moins coûteuses. En effet, étant donné la résistance kilométrique élevée des fils de ligne dont le diamètre est assez faible, une augmentation de la résistance des bobines ne présente plus un grand inconvénient.

D'autre part, les conditions relatives à l'hystérésis, dans le cas des circuits téléphoniques de grande longueur, sontfac ilement satisfaites à l'aide de ces bobines, puisque le nombre des bobines par section d'amplification est réduit de moitié dans le nouveau système.

INFORMATIONS.

Statistique des accidents de personnes survenus pendant l'année 1930 dans les distributions d'énergie électrique. — Le ministère des Travaux publics fait établir chaque année par les ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique, des états statistiques donnant la nomenclature des accidents de personnes survenus dans les distributions d'énergie électrique exploitées en vertu de permissions de voirie ou de concessions.

Le dépouillement des états relatifs à l'année 1930 conduit au tableau récapitulatif que voici :

Le tableau accuse 215 accidents qui, d'après les états, se sont produits dans 73 départements, alors que, dans les 17 autres, rien n'a été constaté, le nombre des victimes est de 244, dont 162 tués.

Si l'on compare ces relevés à ceux des six années précédentes, on trouve :

Années.	Départements.	Accidents.	Victimes.	Tués.
1924	62	144	152	104
1925	63	144	157	117
1926	61	159	167	113
1927	50	162	177	118
1928	80	210	240	153
1929	70	204	225	168
1930	73	215	244	162

Rapporté à la longueur totale des lignes de transport et de distribution, le nombre des accidents survenus depuis 1926 est donné par le tableau ci-après :

Années.	Longueur totale des lignes en Mm.	Nombre d'accidents par Mm.
1926	163	1
1927	198	0,8
1928	238	0,8
1929	273	0,7
1930	314	0,7

CLASSEMENT		NOMBRE DE VICTIMES. appartenant au personnel de l'entreprise. Tués.	Blessés.	étrangères au personnel de l'entreprise. Tués.	Blessés.	Total. Tués.	Blessés.	RÉPARTITION des accidents selon le lieu où ils se sont produits. Sur la voie publique.	Dans les postes de transformation.	En dehors de la voie publique. et des postes de transformation.	RÉPARTITION DES ACCIDENTS selon leur cause présumée. Chute des conducteurs.	Escalade de supports.	Remise intempestive du courant sur la ligne.	Envahissement des conducteurs secondaires par le courant primaire.	Contact avec des conducteurs ou appareils sous tension. primaire.	secondaire.	Contact avec des pièces qui normalement ne devaient pas être sous tension	Coups de foudre.	Autres causes d'origine électrique.	Accidents non causés par les courants électriques.
DISTRIBUTIONS DE 1re CATÉGORIE	continu ≤ A 600 V	1				1		1								1				
	alternatif B¹ ≤ 130 V	7	7	11	4	18	11	12		13	1	1		2	2	8	2	2	1	8
	alternatif B² 150 V < T ≤ 250 V.	10	2	12	2	22	4	12	4	8	1	1			6	12	1	1		2
DISTRIBUTIONS DE 2e CATÉGORIE.	continu 600 V < T < 60.000 V. alternatif 250 V < T < 33.000 V	49	28	55	31	104	59	49	49	43	14	23	3	1	67	16	6	2	6	3
DISTRIBUTIONS DE 3e CATÉGORIE	continu T ≥ 60.000 V. alternatif T ≥ 33.000 V	4	3	13	5	17	8	6	2	16		10			3	5	2		1	3
TOTAUX.		71	40	91	42	162	82	80	55	80	16	35	3	3	78	42	11	5	8	14
		111		133		244		215							120					
		244									215									

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

747.666. Perfectionnements aux systèmes de signalisation (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

747.705. Perfectionnements aux systèmes de couplage dans les transmissions par courants porteurs (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

747.778. Appareil télégraphique arythmique imprimant, transmetteur ou récepteur (Ateliers L. Doignon, France).

747.984. Dispositif de circuit pour courants de signalisation ou analogues (L. M. Ericsson, Suède).

747.998. Dispositif sélecteur pour appareils recevant des combinaisons d'impulsions de courant (Siemens et Halske, Allemagne).

Téléphonie.

701.173. Appareil permettant d'obtenir rapidement des liaisons téléphoniques (Léon Kardorff, France).

722.573. Appareil permettant d'obtenir rapidement toutes liaisons en téléphonie automatique (Alfred Boyé, France).

722.574. Appareil permettant d'établir rapidement, en téléphonie automatique, toutes communications (Alfred Boyé, France).

733.505. Fiche de branchement d'un deuxième émetteur d'impulsions sur un poste téléphonique automatique (Alfred Boyé, France).

739.840. Appareil émetteur d'impulsions, en particulier pour l'établissement de communications téléphoniques fréquemment demandées (Adrien-Auguste-Joseph-Henri Martin, France).

744.460. Dispositif émetteur d'impulsions pour lignes de téléphone automatique (Gilbert Marx, France).

745.463. Dispositif de commande électromoteur, notamment pour appareils d'installations d'indication à distance, par exemple pour sélecteurs, transmetteurs de signaux, transmetteurs d'impulsions, etc... (Siemens et Halske, Allemagne).

748.008. Appareil transmetteur-imprimeur de signes et signaux, particulièrement applicable en téléphonie (Pierre Gautheron, France).

748.154. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques et semi-automatiques (L.-M. Ericsson, Suède).

RADIOCOMMUNICATIONS.

745.249. Perfectionnements aux systèmes de modulation thermoïoniques (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre).

745.430. Disposition de plaque à graduations dans les instruments de la technique téléphonique (Ideal werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie, Allemagne).

745.479. Perfectionnements aux dispositifs périodiques à fréquence constante applicable aux oscillateurs électriques à haute fréquence, aux radio-émetteurs et appareils analogues (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre).

745.562. Dispositif régulateur automatique de l'intensité des signaux fournis par un radio-récepteur (L. Chrétien, France).

745.631. Perfectionnements aux récepteurs de T.S.F. et notamment aux dispositifs de changement de fréquence (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France).

745.637. Système de réglage pour postes de T.S.F. par contrôle des manœuvres sur cadran unique (P. Weber, France).

745.775. Tubes à vide pour ondes ultra-courtes et circuits y destinés (International communications laboratories, Etats-Unis).

745.925. Perfectionnements aux systèmes radiogoniométriques (Electrical research products, Etats-Unis).

745.962. Perfectionnements aux modes de montage des lampes électroniques (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

745.996. Perfectionnements aux amplificateurs haute fréquence (R. Barthélemy, France).

746.028. Dispositif changeur de fréquence utilisable spécialement en radiosignalisation (R. Vallette, France).

746.093. Système de communication radioélectrique à distance protégé contre les brouillages (V.-M.-P. Carret, France).

746.126. Récepteur superhétérodyne (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

746.254. Perfectionnements aux modes de montage des lampes à chauffage indirect, comportant un dispositif de compensation du fading (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

746.271. Dispositif de réception et de sélection d'ondulations électriques modulées (P.-A. Leblanc, France).

746.272. Dispositif de contrôle automatique du volume dans les postes radio-récepteurs (Radio corporation of America, Etats-Unis).

746.331. Perfectionnements aux systèmes de radiocommunication et plus particulièrement aux antennes (Ateliers J. Carpentier, France).

746.441. Dispositif pour relier une antenne à un ou plusieurs radio-récepteurs (International communications laboratories, Etats-Unis),

746.581. Ensemble comprenant un récepteur de T.S.F. et un haut-parleur (T. Trautweinsche Pianofortefabrik Aktiengesellschaft, Allemagne).

746.622. Dispositif de commande unique de récepteur de T.S.F. (R. Cabot, France).

746.902. Procédé et dispositif permettant de recueillir des vibrations sonores et plus particulièrement destinés à la radiodiffusion (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

746.942. Perfectionnements aux circuits à haute fréquence accordés (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France).

746.955. Poste émetteur (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

747.364. Perfectionnements aux montages de modulation pour générateurs d'ondes courtes (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

747.452. Perfectionnements aux montages pour la régulation automatique de volume des récepteurs (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

747.545. Dispositif de commande unique intégrale spécialement applicable aux postes récepteurs de T.S.F. et appareils similaires (J.-R. Lafon, Allemagne).

747.555. Oscillateur-modulateur, en particulier pour récepteurs à changement de fréquence (Hazeltine corporation, Etats-Unis).

747.556. Oscillateur-modulateur, en particulier pour récepteurs superhétérodynes (Hazeltine corporation, Etats-Unis).

42.034. Dispositif de couplage pour agir sur le cours de la fréquence d'amplificateurs de capacité et résistance (Siemens et Halske, Allemagne) (1re addition au brevet n° 713.794.

42.095. Perfectionnements aux dispositifs de manipulation utilisés dans des circuits de haute fréquence (Marconi's wireless telegraph company, Angleterre) (1re addition au brevet n° 708.795).

Divers.

745.607. Dispositif de commande à distance (E. Fiamma, France).

745.685. Perfectionnements aux dispositifs électriques sélectifs de signalisation (R.-E. Bourdon et société dite : Compagnie d'électricité de l'Ouest parisien [Ouest-lumière], France).

747.505. Transmetteur automatique de signaux d'alarme (Submarine signal company, Etats-Unis).

747.542. Transmetteurs d'ordres à payement préalable (Société générale des compteurs de voitures (taximètres), France).

BIBLIOGRAPHIE.

Telephone theory and practice par KEMPSTER B. MILLER, New York, Mc Graw-Hill, 1933, en 3 vol.

I. *Theory and elements*, 1 vol. de 492 pages avec 272 fig. ; prix : 5 dollars.

Ce livre est le premier d'une série de 3 volumes destinés à former un abrégé encyclopédique des connaissances dont la possession est utile à ceux qui étudient la téléphonie. La première des trois parties principales qui le constituent est une revue historique des débuts de la technique téléphonique depuis les précurseurs Bourseul et Philippe Reis. L'auteur remonte même beaucoup plus loin dans les annales des télécommunications, puisqu'il ne craint pas de rappeler les antiques souvenirs de la guerre de Troie pendant laquelle les Grecs employaient comme *speaker*, Stentor, « dont la voix était aussi forte que celle de cinquante personnes réunies ». Cette revue de l'évolution du téléphone est d'ailleurs accompagnée par un exposé abrégé du développement des moyens de communications électriques et de nos connaissances en électricité.

La deuxième partie traite très simplement et assez sommairement les fondements électro-acoustiques de la téléphonie ; le rappel élémentaire des lois du circuit électrique a pour contre-partie une description de l'appareil otolaryngologique de l'homme et des conditions physiques et physiologiques nécessaires à son fonctionnement. Des coupes et illustrations, reproductions de documents prêtés par les Bell laboratories, permettent aux lecteurs d'acquérir facilement, et d'une façon objective, des notions concrètes sur cette question.

La troisième partie est une description des divers éléments qui entrent dans la constitution des liaisons téléphoniques : fils, bobines d'induction, résistances, condensateurs, isolants, métaux magnétiques ou non, etc... Elle attire l'attention sur leurs propriétés phy-

sico-chimiques et sur les spécifications qu'il y a lieu de leur imposer ; elle donne en particulier quelques renseignements sur les résistances de contacts et sur les effets de la corrosion.

Ce livre, malgré ses dimensions relativement imposantes, est en somme un manuel documenté et fort intéressant. Quoique s'adressant de préférence aux techniciens non spécialistes qui s'y documenteront utilement, il sera pour l'ingénieur du téléphone un aide-mémoire dont il appréciera la diversité et l'agréable présentation.

P. C.

II, *Manual Switching and substation equipment*, 1 vol. de 439 pages avec 327 figures ; prix : 5 dollars.

L'auteur passe en revue, dans ce nouvel ouvrage, les installations d'abonnés et les installations des bureaux centraux des réseaux manuels. Le sujet est traité d'une manière à la fois simple et pratique. De nombreuses illustrations et schémas des différents meubles et installations en service en Amérique viennent compléter heureusement la documentation fournie dans cet intéressant travail.

P. R.

III. *Automatic switching and auxiliary equipment*, 1 vol. de 490 pages, avec figures ; prix : 5 dollars.

La première partie de ce volume est consacrée à la description des systèmes suivants de téléphonie automatique : système pas à pas, système panel, système rotary et système tout à relais ; on y trouve la description du matériel et des circuits utilisés dans chacun de ces systèmes.

La deuxième moitié de l'ouvrage traite des installations auxiliaires qui sont communes aux bureaux automatiques et aux bureaux manuels : installations d'énergie, matériel de protection (fusibles, parafoudres, bobines thermiques), et répartiteurs.

Enfin le volume se termine par deux chapitres décrivant, l'un les dispositions les plus employées dans les bureaux privés et l'autre les dispositions employées pour les commutations interurbaines.

Cet ouvrage intéressera tous ceux qui ont besoin de se documenter sur l'équipement des bureaux centraux téléphoniques et

plus particulièrement sur les dispositions les plus employées en Amérique. G. L.

Standard handbook for electrical engineers, 6e édition. New York, Mc Graw-Hill, 1933, 1 vol. de 2.816 pages ; prix : 7 dollars.

Cette nouvelle édition du Standard handbook of electrical engineers résulte d'une révision complète de la 5e édition et se trouve augmentée d'environ trente pour cent. Tous les renseignements théoriques ou numériques, touchant à des questions d'électricité ou de radioélectricité, figurent dans les 28 chapitres de ce manuel, qui constitue le guide indispensable de l'ingénieur électricien.

H. S.

Application des imaginaires au calcul vectoriel, par J.-B. Pomey. Paris, Gauthier-Villars, 1933, 1 vol. in-8° de 70 pages avec 7 figures ; prix : 20 francs.

Dans ce petit livre se trouvent traités, à l'occasion de calcul des imaginaires, un très grand nombre de problèmes intéressants et instructifs. Les questions traitées, d'une extrême variété, joignent à leur attrait mathématique l'intérêt d'une connexion, plus ou moins intime, avec des problèmes purement techniques. Développante, base et roulette ; — fonctionnement de deux alternateurs en série ; — coordonnées symétriques de Fortescue ; — théorèmes d'Apollonius et leur interprétation mécanique ; — rotation de la sphère d'après Cayley ; voici une partie seulement des questions dont nous parle M. Pomey ; à suivre cet excellent guide, le lecteur trouvera, j'en ai fait l'expérience, à la fois plaisir et profit. P. L. C.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE,

publiée par les soins de la Direction du Service central du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

(Bureau d'études, de documentation et de statistique.)

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'administration ..... 20 fr.
Personnes étrangères à l'administration ..... 50 fr.

(Pour la prise en charge du montant des abonnements, voir *Bulletin officiel* n° 15 de 1932, p. 517).

Sommaire du n° 8-9 de 1933 (2e année).

Phototélégraphie et télévision, par M. VEAUX, ingénieur en chef à la direction de l'Exploitation télégraphique.
Les liaisons radiotélégraphiques par appareils Baudot. Remèdes apportés aux perturbations causées par les parasites et le fading, par M. VERDAN, ingénieur des P.T.T.

ADMINISTRATIONS PUBLIQUES FRANÇAISES.

La radiodiffusion scolaire en France.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

L'effort récemment accompli par l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones.

1° BUDGET ET COMPTABILITÉ.

Recettes budgétaires de juillet 1933.
Recettes budgétaires d'août 1933.

2° PERSONNEL.

Réorganisation des cours d'instruction des aides.
Projet de fixation des cadres, traitements et statut du personnel du Laboratoire national de radioélectricité.
Projet de décret portant modification de l'article 67 du décret du 18 décembre 1923 relatif au compte des pensions civiles du personnel des P.T.T.

3° POSTE.

Dépôt des copies de presse à acheminer « hors sac ».
Admission des envois recommandés et chargés grevés de remboursement dans les relations avec la Pologne.

4° Téléphone.

Mise en service du téléphone automatique dans le groupement « Michelet ».
Projet portant élévation de 20.000 à 80.000 du nombre des abonnés au téléphone requis pour l'application du taux maximum d'abonnement.
Relations téléphoniques entre la France et le Vénézuela.
Ouvertures des relations téléphoniques avec la Colombie.

5° Télégraphe.

Location d'installations radiotélégraphiques aux agences d'informations et aux journaux.

6° Radiodiffusion.

Création de comités chargés de l'organisation des émissions assurées par les stations de radiodiffusion d'État de la région parisienne.
Associations chargées de la réalisation des programmes émis par les stations de radiodiffusion d'État.

7° Chèques postaux et articles d'argent.

Payement des mandats par exprès.
Projet de décret tendant à modifier le décret du 7 janvier 1918 et les décrets subséquents portant règlementation du fonctionnement du service des comptes-courants et chèques postaux.

OFFICES ÉTRANGERS.

1° Poste.

Allemagne. — Acheminement des lettres ordinaires, par tube pneumatique, sur la gare de départ.
Allemagne. — Les émissions spéciales de timbres-poste.
Allemagne. — Les services aéropostaux de nuit et la navigation aérienne dans le brouillard.
Allemagne. — Développement des services mixtes de transports des voyageurs par poste automobile et chemin de fer.
Allemagne. — Modifications au règlement postal.
Allemagne. — La Reichspost à la 39e exposition agricole à Berlin.
Allemagne. — Les caisses d'épargne en 1932.
Allemagne. — Le trafic postal pendant le second trimestre des années 1932 et 1933.
Grande-Bretagne. — L'activité et les projets du Post-Office.
Luxembourg. — Emission de cartes postales avec réclames commerciales.
Suisse. — Le service postal aérien en 1932.

2° Télécommunications.

Allemagne. — Télégrammes de publicité.
Allemagne. — Les communications téléphoniques à heures fixes par abonnement mensuel.
Allemagne. — Fondation de la Chambre radiophonique nationale socialiste.
Grande-Bretagne. — Le service téléphonique direct.
Grande-Bretagne. — Radio-centrales. La Chambre des communes enregistre un essai de municipalisation.
Suisse — Immatriculation des marchands d'appareils de T.S.F.

JURISPRUDENCE.

Marché administratif.
Détachement d'office.
Concours. Liste des candidats admis.

BIBLIOGRAPHIE.

Articles de revues.
Ouvrages récemment entrés à la Bibliothèque centrale.

Le Gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 8-30-33.

HOMMAGE A BAUDOT,

par H. H. HARRISON.

M. H. H. Harrison, ingénieur en chef de l'Automatic Electric Company, à Liverpool, l'auteur de plusieurs ouvrages techniques faisant autorité, notamment de « Printing Telegraph Systems et Mechanisms » dans lequel est faite l'étude détaillée et la comparaison critique des systèmes télégraphiques modernes, a bien voulu adresser aux Annales des P.T.T. la note suivante relative aux travaux de Baudot. Les lecteurs des Annales *attacheront un prix tout particulier à l'opinion exprimée sur Baudot, par un éminent technicien anglais.*

Baudot, ingénieur français, n'a pas à être présenté, car son nom est connu de tout le monde. Son système télégraphique est le seul qui ait été introduit dans presque tous les pays du monde civilisé, et grâce à sa souplesse remarquable il a pu servir d'une manière satisfaisante et économique à tous les besoins nécessaires pour la distribution du trafic télégraphique, qui aujourd'hui est très compliquée.

Quand on passe en revue tout le travail de Baudot, on voit immédiatement qu'il a été une source d'inspiration pour les inventeurs des autres pays qui ont suivi ses pas.

Pour établir ceci comme étant une vérité irréfutable, il est seulement nécessaire de faire une liste de ses travaux dans la pratique :

Premièrement, on doit mentionner l'adoption du code Baudot qui donne l'alphabet télégraphique le plus court et par conséquent donne un rendement maximum à la ligne.

A cet égard, Baudot a été suivi par tous les inventeurs modernes, ce qui prouve donc que son idée était une des plus logiques.

Deuxièmement, ce que je crois être la plus belle de toutes ses idées, est le répétiteur régénérateur (1).

Le principe des répétiteurs régénérateurs est tel qu'un signal

1. Translations rectificatrices et retransmetteurs.

élémentaire reçu pendant un intervalle de temps t_1 est d'abord emmagasiné, puis retransmis pendant un autre temps t_2. Ces deux intervalles de temps, t_1 et t_2 sont entièrement distincts, il n'y a pas de recouvrement entre l'un et l'autre et, par conséquent, les signaux retransmis sont absolument sans défaut. Leurs longueurs restent parfaitement correctes car elles ne comprennent pas les effets du rebondissement de l'index du relais ou les temps perdus par le transit de cet index.

Il en résulte, qu'avec de pareils répétiteurs, la portée d'une communication télégraphique est illimitée comme la pratique nous l'a démontré.

Dans les câbles sous-marins ayant des longueurs très grandes, le répétiteur régénérateur, basé sur les principes imaginés par Baudot, a accompli de véritables merveilles.

Par exemple, il existe aujourd'hui une communication directe entre Londres et Cape Town (Sud Afrique) par câble sous-marin avec cinq répétiteurs régénérateurs en route.

Par un câble transatlantique on a pu fournir une communication directe entre Londres et San-Francisco avec treize répétiteurs de type ordinaire et sept répétiteurs régénérateurs.

On peut énumérer beaucoup d'exemples de l'application faite aujourd'hui du principe de régénérateur imaginé pour la première fois par Baudot.

Même si l'invention du répétiteur régénérateur eut été la seule découverte de Baudot, on pourrait sans hésiter le citer comme un homme d'une intelligence extrêmement remarquable.

Le monde télégraphique lui doit une énorme dette pour cette invention, sans mentionner ses autres inventions, très nombreuses, et toutes montrant son génie.

Cependant, sa célébrité ne repose pas uniquement sur cette invention mais elle a une cause bien plus étendue.

1. Le premier traducteur employant le code Baudot et commandé par un seul électro a tout d'abord été inventé et construit par lui.

2. De même, Baudot est également l'inventeur du distributeur mécanique pour l'appareil transmetteur.

3. Le distributeur, de type ordinaire, mais disposé pour opération sur le principe de va et vient (start-stop) est encore un autre exemple de son esprit inventif.

Ses brevets d'invention forment un véritable traité sur le sujet du télégraphe imprimeur.

On peut, en toute vérité, l'appeler le père de la machine télégraphique à grand rendement.

LES MESURES RADIO-ÉLECTRIQUES AU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIO-ÉLECTRICITÉ.

(*Suite*) [1].

VII

ESSAIS D'UN TRANSFORMATEUR BASSE FRÉQUENCE OU D'UN AMPLIFICATEUR BASSE FRÉQUENCE [2].

Transformateur basse fréquence. — Les nombreux travaux effectués sur ce sujet ont montré que l'amplification et la fidélité d'un transformateur basse fréquence dépendaient étroitement des conditions d'utilisation. C'est donc dans ces conditions et, de préférence, avec l'ensemble fourni par le constructeur lui-même, que sera relevée l'amplification en fonction de la fréquence.

Le cas le plus courant est celui d'un transformateur reliant deux tubes électroniques, le circuit primaire du transformateur étant disposé dans le circuit anodique du premier tube, tandis que le circuit secondaire attaque la grille du second tube.

Si l'on admet que la grille du second tube est toujours suffisamment polarisée pour qu'aucun courant grille ne prenne naissance, la courbe du transformateur est à peine influencée par ce deuxième tube. Le tube, dans le circuit anodique duquel est inséré le primaire a, au contraire, une importance primordiale. Un tube de faible impédance améliore la fidélité tandis qu'un tube de grande impédance renforce les résonances possibles et permet en particulier de réaliser des amplificateurs basse fréquence sélectifs ou des filtres de bande.

1. Voyez *Annales des P.T.T.*, nos 7, 8 et 9, 1933.
2. Note présentée par M. Galle, ingénieur.

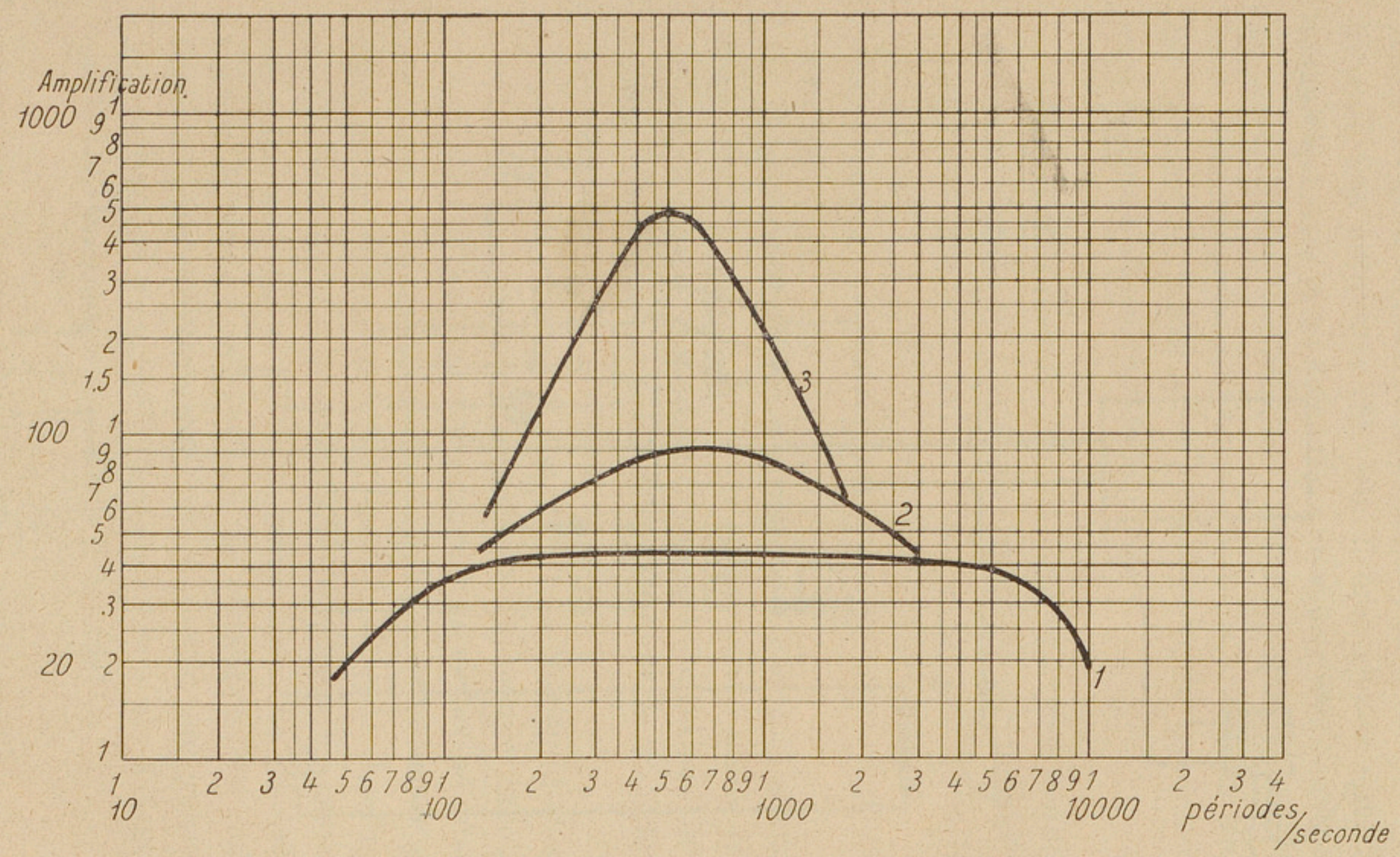


Fig. 60. — Amplification d'un étage en fonction de la fréquence.

Les trois courbes sont relevées sur le même transformateur:

Courbe 1 : transformateur précédé d'un tube dont $K = 15$ $\rho = 8\,000$
Courbe 2 : — — — — $K = 30$ $\rho = 70.000$
Courbe 3 : — — — — $K = 70$ $\rho = 70.000$

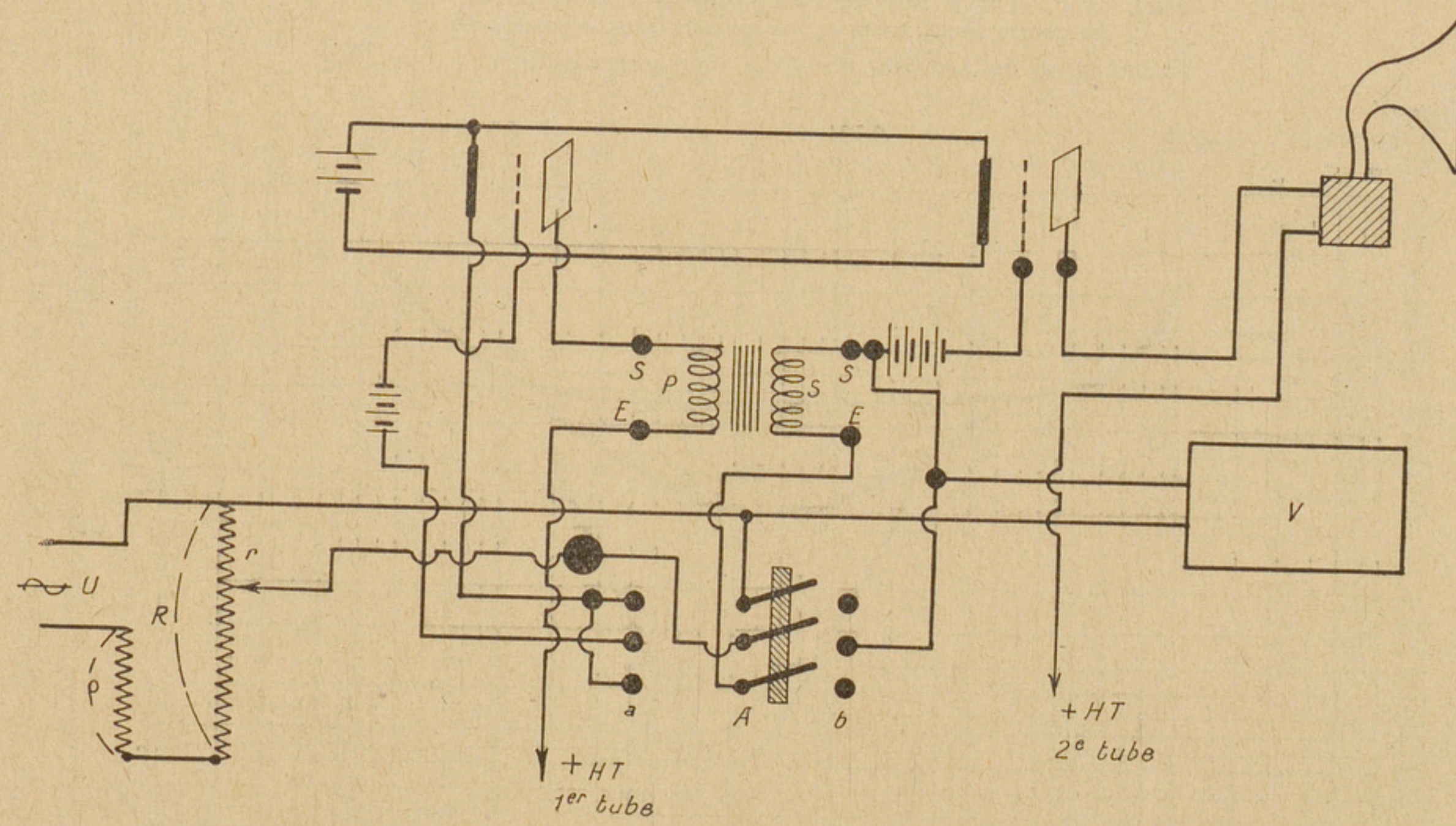


Fig. 61.

A titre documentaire nous reproduisons quelques courbes relevées sur le même transformateur mais avec des tubes d'entrée de caractéristiques diverses et en particulier présentant des résistances internes très différentes (fig. 60). Il faut ajouter que l'induction magnétique dans le fer doit avoir une valeur bien définie et surtout ne pas atteindre la saturation. Cette remarque est surtout importante pour les nouveaux transformateurs à circuits magnétiques très perméables. Il faut alors préciser la valeur maximum du courant continu à admettre dans le primaire.

Dispositif de mesure (fig. 61).— On effectue la mesure de l'amplification en tension fournie par un étage comprenant un transformateur T et le tube qui le précède. Le secondaire du transformateur est relié à la grille du tube électronique suivant ; cette grille étant polarisée pour qu'aucun courant de grille ne puisse prendre naissance.

Un générateur à fréquence réglable alimente à travers une résistance élevée ρ un potentiomètre de résistance totale R constitué par des résistances étalonnées et sans self-induction. Un voltmètre à lampe V est connecté aux bornes du circuit de grille du deuxième tube électronique. Un inverseur A permet :

1° dans la position a, d'appliquer la tension alternative prise aux bornes de la résistance r_a à la grille du premier tube ;

2° dans la position b, d'appliquer la tension alternative prise aux bornes de la résistance r_b à la grille du deuxième tube, le secondaire du transformateur étant hors circuit et le chauffage du premier tube coupé. Les résistances r_a et r_b sont déterminées expérimentalement pour produire la même déviation au voltmètre V. Comme la tension produite par le générateur est constante, les tensions prises aux bornes du potentiomètre sont proportionnelles aux résistances r et l'amplification fournie par l'étage constitué par le tube 1 et le transformateur T est égale à

$$\frac{r_b}{r_a}.$$

Cette mesure effectuée à diverses fréquences donne la courbe de fidélité de l'ensemble.

Amplificateur basse fréquence. — L'étude de la fidélité d'un tel ensemble est, en principe, analogue à la précédente. Néanmoins, pour des raisons pratiques, il est souvent plus intéressant d'opérer un peu différemment : l'amplificateur A (fig. 62) que l'on veut étudier débite sur son impédance normale d'utilisation J et l'on se fixe pour base d'obtenir une tension musicale v constante quelle

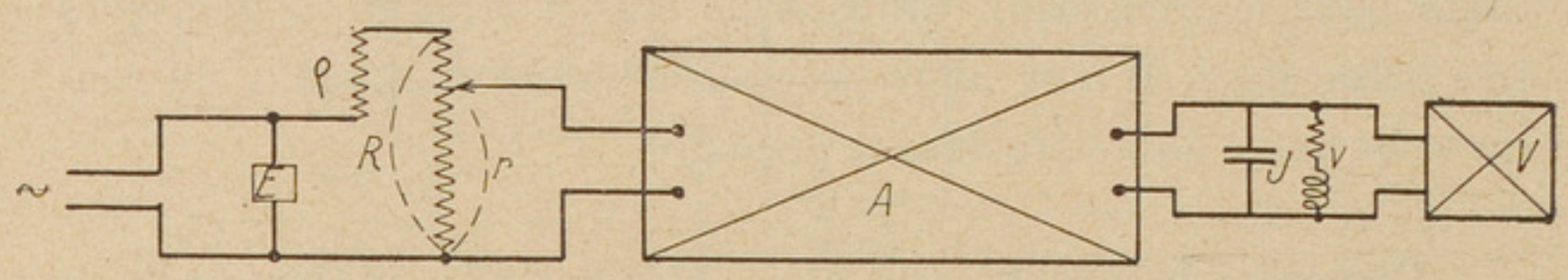


Fig. 62.

que soit la fréquence aux bornes de cette impédance. Cette tension sera mesurée par un voltmètre électronique V ou un électromètre. Le générateur à fréquence musicale attaque un potentiomètre R en série avec une résistance ρ connue. Un électromètre E mesure la tension e aux bornes de l'ensemble. Si le circuit d'entrée de l'amplificateur A est un circuit de grille de tube électronique, son débit est très faible et la tension appliquée à l'amplificateur pour obtenir une tension V à la sortie est de :

$$ri = r\frac{e}{\rho + R}$$

et l'amplification est de :

$$e\frac{\frac{v}{r}}{\rho + R}.$$

Pour tous les essais précédents et en général pour tous les essais de basse fréquence le Laboratoire national de radioélectricité dispose d'un générateur pouvant couvrir de façon continue la gamme de 20 périodes par seconde à 25000 périodes par seconde et d'une puissance maximum de 15 watts avec moins de 6 % d'harmoniques.

Le taux d'harmonique peut être ramené à 2 % si la puissance débitée est inférieure à 5 watts.

VIII

ESSAIS DE DIÉLECTRIQUES SOUS HAUTES TENSIONS DE HAUTE FRÉQUENCE [1].

Les générateurs puissants de haute fréquence utilisent des diélectriques variés dans leur construction. Ces diélectriques doivent répondre à un cahier des charges sévère qui précise les qualités mécaniques et électriques requises. Or, la plupart du temps, ces

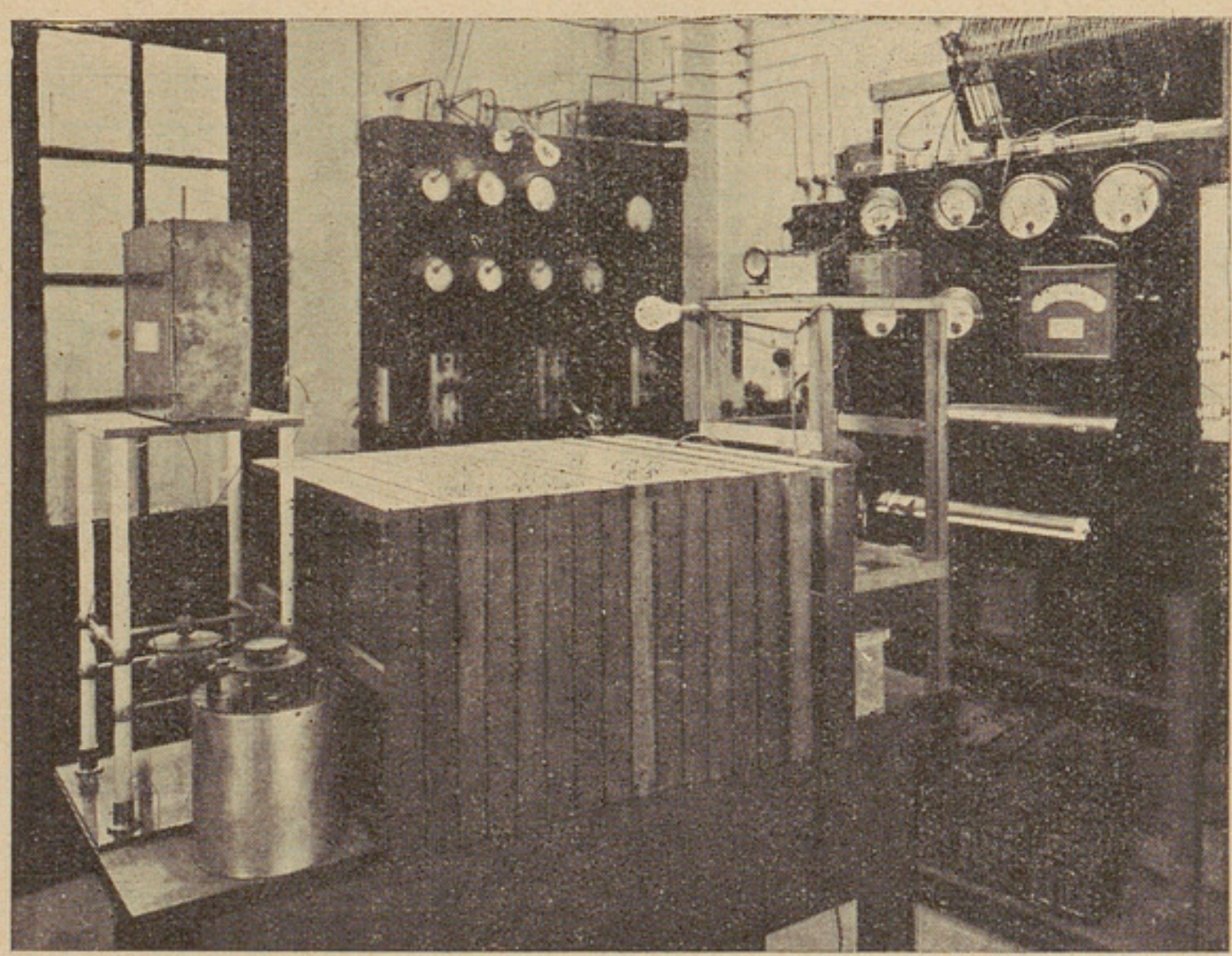


Fig. 63. — Installation d'essai des diélectriques sous haute tension haute fréquence.

On distingue sur la table centrale : à droite, le bâti supportant le tube triode générateur T, au centre, les inducteurs L et $\mathfrak{L}$ en couplage serré ;
à gauche, les colonnes de quartz soutenant le condensateur $\mathcal{C}$ à armatures circulaires et surmontées de l'électromètre E.

diélectriques sont, en utilisation, situés dans un champ électromagnétique très intense. Ils peuvent donc donner naissance à des pertes d'énergie très importantes qui ont pour résultat direct d'élever leur température et d'altérer notablement leurs constantes phy-

1. Note présentée par M. Galle, ingénieur.

siques. Nous avons donc jugé utile de réaliser au Laboratoire un oscillateur capable de nous fournir des tensions élevées et cela à des fréquences variant de 100.000 p : s à 20.000.000 p : s. Nous avons pu obtenir ainsi des tensions de 6000 à 10.000 volts efficaces et construisons en ce moment un oscillateur plus puissant capable de dépasser ces chiffres. Le schéma du générateur est donné par la fig. 64. Un tube triode T, capable de fournir une puissance HF d'environ 1 kilowatt, entretient les oscillations d'un circuit constitué par une capacité C et une inductance L. Par mesure de sécurité le circuit

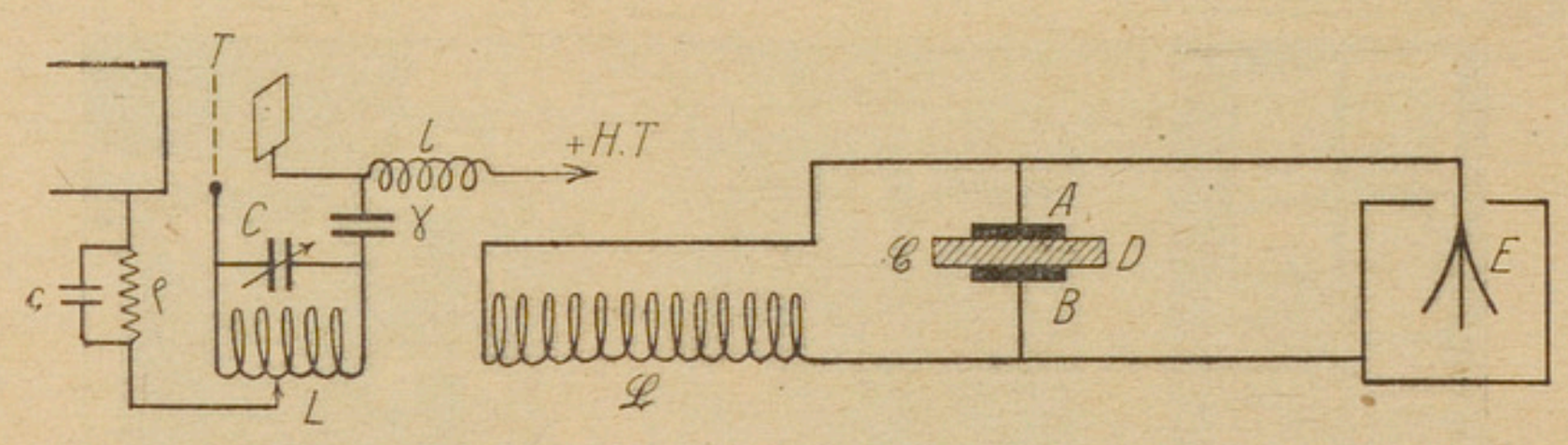


Fig. 64.

oscillant LC n'est parcouru que par du courant de haute fréquence et est isolé de la tension anodique par le condensateur γ. Ce circuit LC doit être réglé pour donner la puissance haute fréquence maximum. L'échantillon de diélectrique D que l'on veut étudier est disposé entre les armatures A et B. Cet ensemble constitue le condensateur $\mathcal{C}$ d'un circuit oscillant dont la self $\mathcal{L}$ est couplée énergiquement au circuit primaire et est telle que $LC = \mathcal{L}\mathcal{C}$. Pour obtenir une tension élevée entre les électrodes A et B il est nécessaire d'avoir un très grand rapport $\frac{\mathcal{L}}{L}$ et par suite une assez grande capacité C, ce qui d'ailleurs correspond bien au meilleur rendement de l'oscillateur alimenté par le tube triode T.

Pour mesurer la tension aux bornes des électrodes A et B nous avons dû avoir recours à un électroscope muni d'une échelle graduée en tension continue. De nombreuses précautions ont dû être prises pour éviter les effluves dans tout le circuit résonant secondaire et en particulier dans l'électroscope, l'effluve électrique prenant naissance à une tension d'autant plus faible que la fréquence est plus élevée.

Mesure de l'élévation de température. — Souvent il suffit, pour l'usage, de savoir qu'au bout d'un certain temps, une heure par exemple, la température de l'échantillon B n'aura pas dépassé une certaine valeur. Dans ce cas il suffit de creuser dans l'épaisseur de la plaque D (fig. 65) une cavité cylindrique d'orifice m et atteignant le centre O de la plaque. Le diamètre du forage m devra être juste suffisant pour permettre d'introduire jusqu'en O une soudure thermo-électrique qui donnera la différence de température entre le point O et le milieu ambiant. Dans ce cas la perturbation du champ électromagnétique produite par le forage est négligeable ; de plus, étant donnée la très mauvaise conductibilité calorifique des isolants, les mesures de température sont très faciles, puisque le point O se refroidit très lentement. Cette mesure fournit des renseignements pratiques très utiles au constructeur qui veut utiliser une matière isolante déterminée dans un champ électro-

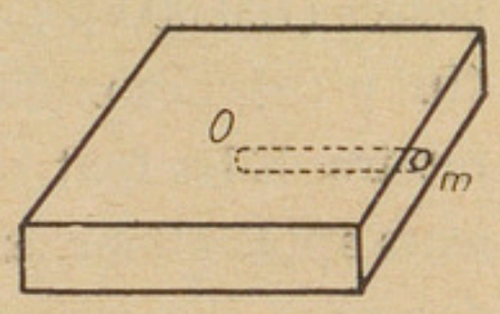


Fig. 65.

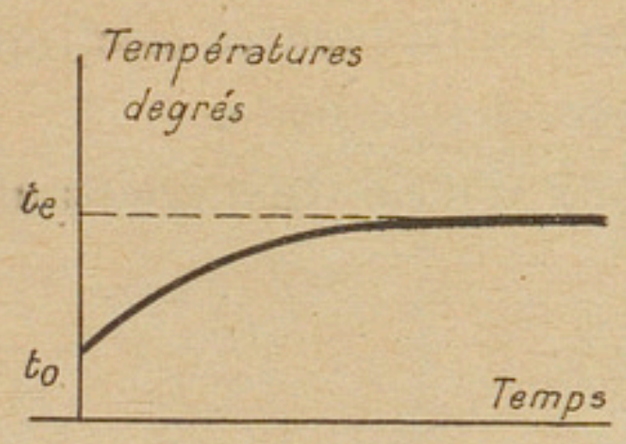


Fig. 66.

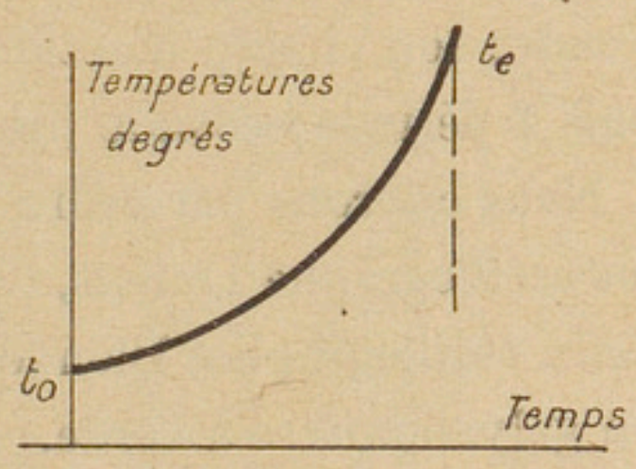


Fig. 67.

magnétique connu. Il peut ainsi prédéterminer l'élévation de température de l'isolant et, tenant compte du rayonnement thermique, vérifier que la température d'équilibre sera inférieure à la température de destruction de l'isolant. En effet la courbe d'échauffement d'un corps en fonction du temps, à tension haute fréquence constante, peut présenter un des deux aspects suivants :

1° L'échauffement par pertes diélectriques est inférieur au rayonnement thermique. Une température d'équilibre t_e est atteinte au bout d'un certain temps (fig. 66).

2° L'échauffement par pertes diélectriques est supérieur au

rayonnement thermique, la température monte lentement d'abord, puis de plus en plus rapidement et l'on est obligé d'arrêter l'expérience, à la température t_f qui correspond à la rupture du diélectrique (fig. 67). Il est à noter qu'un même corps peut présenter ces deux phénomènes, la courbe 1 sera relevée à fréquences relativement basses (100.000 p : s). La courbe 2 sera relevée à haute fréquence (10^7 p : s). Ces mesures ont été montées tout récemment au Laboratoire. Elles font actuellement l'objet de recherches pour étendre leurs applications, en particulier pour étudier la variation de l'angle de pertes d'un diélectrique en fonction de la température.

IX

ETUDES OSCILLOGRAPHIQUES DE DIVERS PHÉNOMÈNES [1].

Le Laboratoire national de radioélectricité dispose pour ses recherches d'un jeu très complet d'oscillographes lui permettant d'étendre son champ d'action sur toutes les fréquences électriques depuis 1 période /seconde jusqu'à 10^9 périodes /seconde.

Nous citerons par ordre de fréquence d'utilisation croissante :

un oscillographe Dubois,
deux oscillographes Blondel,
un galvanomètre à corde,
deux oscillographes cathodiques à tube Western,
un oscillographe cathodique Dufour.

1° *Oscillographe Dubois.* — Cet oscillographe à fer mobile permet d'étudier des phénomènes dont la fréquence ne dépasse pas 2.000 périodes par seconde. L'impédance de cet appareil est de 4.000 ohms environ. Il peut donc être inséré directement dans le circuit anodique d'un tube électronique.

2° *Oscillographes Blondel.* — Chaque oscillographe comporte trois équipages dont on peut à volonté faire varier la sensibilité et l'amortissement.

---

1. Note présentée par M. Galle, ingénieur.

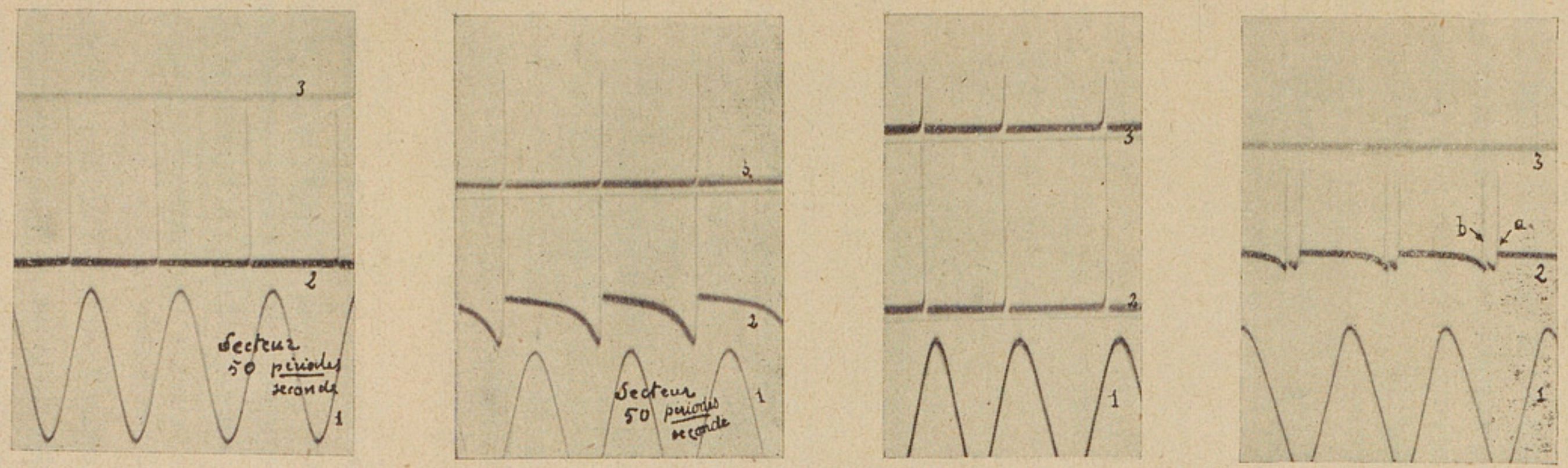


Fig. 68. — Oscillogrammes relevés à l'oscillographe Blondel.

Etude de l'émission et de la réception de signaux très brefs $\left(< \frac{1}{10.000} \text{ de seconde}\right)$:

1. Secteur.
2. Signaux de l'émetteur.

3. Signaux de l'émetteur.
2. Signaux fournis par le récepteur (détection parasite par le dernier étage).

1. Signaux de l'émetteur.
2. Récepteur sans distorsion.

Echos radioélectriques.

2. Signaux reçus : *a*, onde de sol.
b, onde réfléchie.
3. Secteur.

Le Laboratoire national de Radioélectricité, disposant de deux oscillographes semblables, a donc la possibilité d'étudier sur les six équipages disponibles cinq phénomènes simultanés, un phénomène étant reproduit sur les deux enregistrements pour permettre d'établir la concordance du temps.

Les phénomènes radioélectriques amenant à l'étude de phénomènes transitoires extrêmement rapides, nous avons été amenés à étudier tout spécialement l'amortissement de nos oscillographes, à réduire leur inertie au minimum et à augmenter leur sensibilité autant que possible.

Nous avons ainsi réalisé des équipages apériodiques amortis pour des impulsions dont la durée était inférieure à 1/10.000 de seconde. Les quelques enregistrements reproduits sur la figure 68 donnent une idée du détail des enregistrements que l'on peut obtenir.

La déviation du spot est d'environ 5 mm/mA et est proportionnelle au courant qui traverse l'équipage.

Il faut noter que le dispositif oscilloscopique, étant entraîné par un moteur synchrone, permet un examen visuel extrêmement commode de tous les phénomènes synchrones du secteur, multiples ou sous-multiples de sa fréquence.

3° *Galvanomètre à corde.* — Le fonctionnement de cet appareil est des plus simples puisque, comme son nom l'indique, il se réduit à la déviation d'un fil parcouru par le courant à étudier. Ce fil étant situé dans un champ magnétique constant, le fil se déplace dans le plan perpendiculaire aux lignes de force du champ magnétique.

Cet appareil n'est pas disposé pour l'étude visuelle des phénomènes, il donne directement l'enregistrement sur film cinématographique normal. Il est beaucoup plus sensible que les précédents et le fil a une résistance ohmique telle (1.000 ohms) qu'elle est adaptée à l'impédance du circuit anodique d'un tube électronique.

La sensibilité de cet appareil permet d'étudier les phénomènes radioélectriques directement dans le circuit anodique du tube détecteur. La tension de la corde vibrante est réglable pour disposer

convenablement de sa fréquence de résonance. L'amortissement est à air, la corde se déplaçant entre deux glaces parallèles.

4° *Oscillographes cathodiques Western* (fig. 69). — Pour les

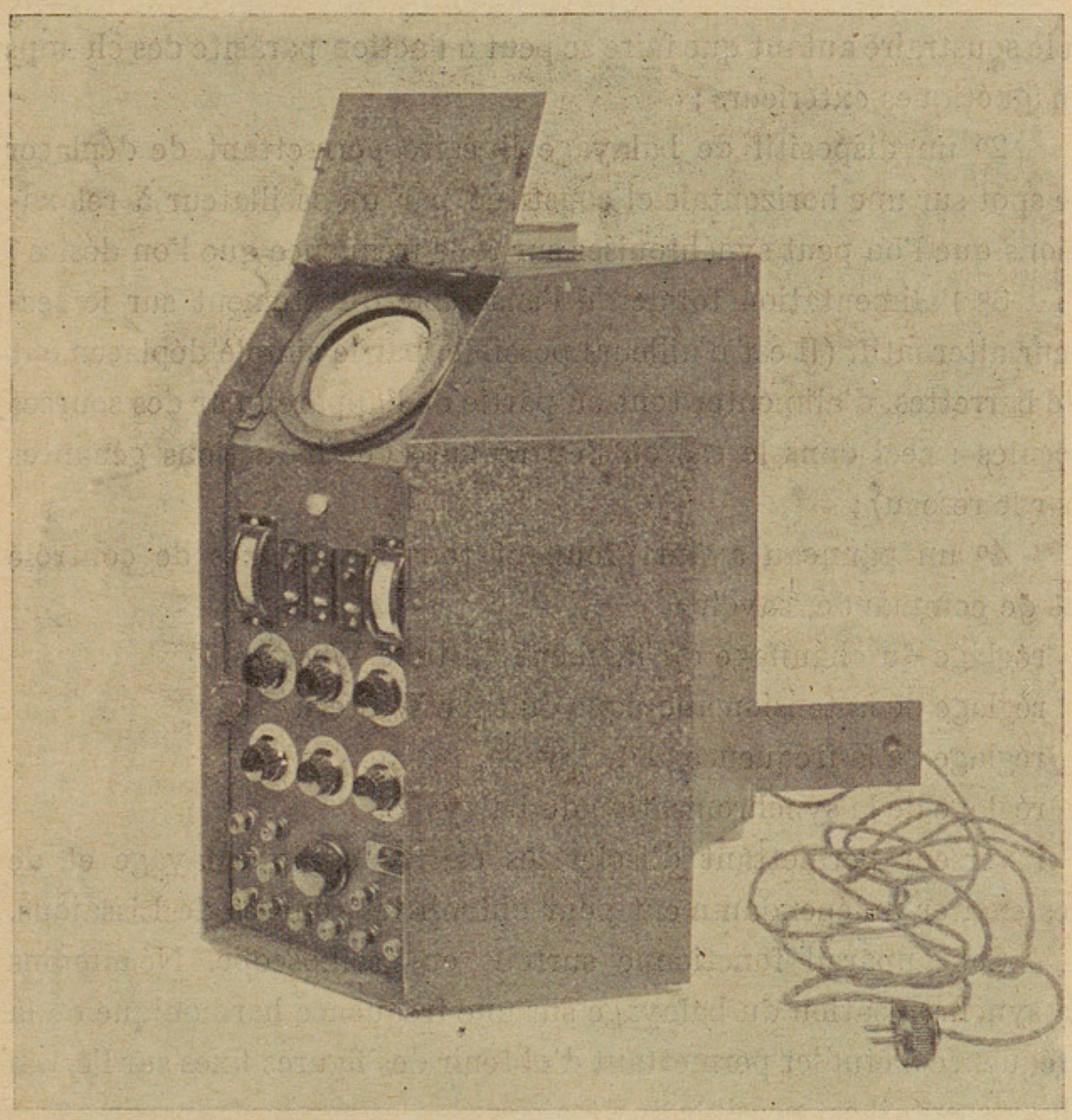


Fig. 69. — Vue de l'oscillographe cathodique portatif à tube Western modèle du L.N.R. Alimentation totale par le secteur.

L'appareil est en position d'utilisation, panneaux avants ouverts. L'arrivée du courant d'alimentation se fait par la trappe arrière visible sur la droite de la figure.

Sur l'avant nous remarquons :

En haut l'écran du tube cathodique.

Une lampe témoin s'allumant quand le tube est en service.

L'ampèremètre de chauffage et le voltmètre de tension anodique.

Les interrupteurs et rhéostats de commande de ces deux circuits ainsi que du balayage et de la synchronisation.

Un inverseur permettant de passer immédiatement de la position « Balayage » à la position « courbes de Lissajou ».

Les bornes plaques et synchronisation.

divers besoins d'étalonnage et de contrôle nous avons été amenés à réaliser deux oscillographes cathodiques très facilement transpor-

tables. Nous avons utilisé le tube Western qui était alors le seul sur le marché. L'ensemble se présente sous la forme d'un coffret d'aluminium craquelé renfermant :

1° Le tube Western enfermé dans un écran magnétique destiné à le soustraire autant que faire se peut à l'action parasite des champs magnétiques extérieurs ;

2° un dispositif de balayage linéaire permettant de déplacer le spot sur une horizontale et constitué par un oscillateur à relaxations que l'on peut synchroniser sur telle fréquence que l'on désire ;

3° l'alimentation totale de l'ensemble directement sur le secteur alternatif. (Il est d'ailleurs possible, par le simple déplacement de barrettes, d'alimenter tout ou partie de l'appareil par des sources locales : ceci dans le cas où l'on redoute des inductions gênantes par le réseau) ;

4° un panneau avant groupant tous les organes de contrôle et de commande, savoir :

réglage du chauffage du filament du tube Western,

réglage de la tension anodique du tube Western,

réglage de la fréquence de balayage,

réglage de la synchronisation du balayage,

inverseur permettant d'isoler les électrodes de balayage et de les exciter indépendamment pour obtenir les courbes de Lissajous.

Cet appareil fonctionne surtout en oscilloscope. Néanmoins la synchronisation du balayage sur une fréquence harmonique de la fréquence à étudier permettant d'obtenir des figures fixes sur l'écran fluorescent, il est possible de décalquer sur un papier transparent les figures obtenues. La sensibilité de l'appareil est très sensiblement de 1 mm /volt ; de toute façon un étalonnement précis est extrêmement facile ; d'autre part, le débit à travers une paire de plaques déviatrices étant extrêmement faible, cet appareil peut servir de voltmètre pratiquement sans débit pour des tensions continues et également pour des tensions alternatives jusqu'à des fréquences de $1,5 \times 10^5$ périodes /seconde.

Cet appareil permet en effet des études oscillographiques jusqu'à des longueurs d'ondes de 200 mètres environ. Si l'on dépasse cette fréquence, le spot insuffisamment lumineux n'est plus visible

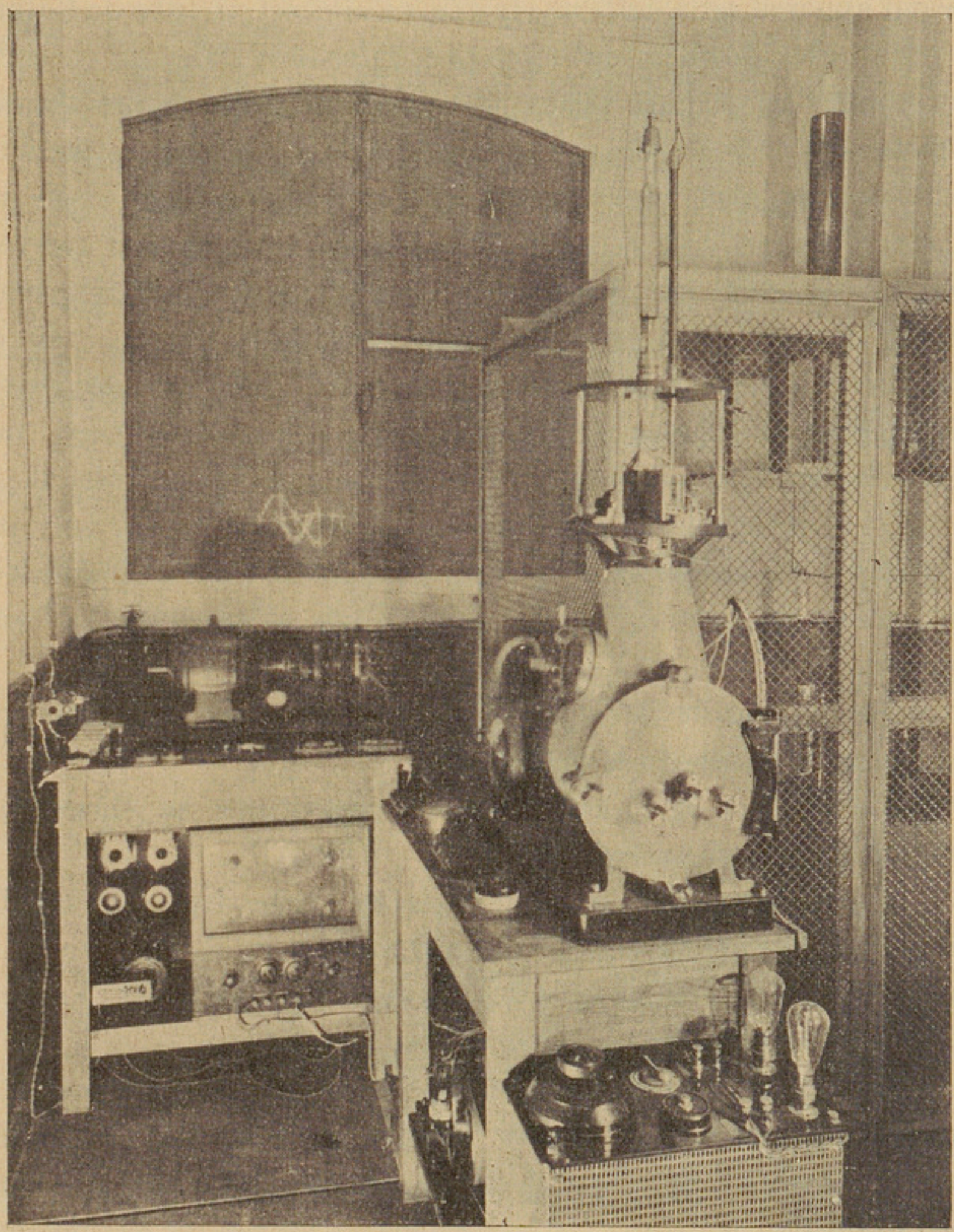


Fig. 70. — Vue de l'installation de l'oscillographe Dufour.

A droite, au fond, la cabine haute tension continue où l'on distingue l'inverseur permettant de passer automatiquement du fonctionnement « Basse fréquence » au fonctionnement « Haute fréquence »:

A gauche, sur la table le rupteur synchrone ;
sous la table le générateur haute fréquence de balayage.

Au centre, la cuve en bronze de l'oscillographe avec : à l'avant la porte d'introduction des pellicules photographiques et les leviers de commande des chargeurs ; à gauche, la fenêtre permettant l'oscilloscopie ; à la partie supérieure, les plaques et bobines déviatrices, l'anode reliée au sol et enfin, au sommet du tube de verre, la cathode.

5° *Oscillographe cathodique Dufour* (fig. 70). — Alors que le précédent appareil est à cathode chaude, celui-ci est un tube de Braun. Il est, de plus, démontable et l'on peut introduire dans son enceinte des papiers ou plaques photographiques qui seront impressionnés directement par le pinceau cathodique. Ce pinceau cathodique peut, de plus, avoir une intensité telle qu'il impressionne la plaque photographique, même à des fréquences extrêmement élevées. Des relevés oscillographiques de phénomènes dont la fréquence atteignait 10^9 périodes/seconde ont pu être obtenus par ce procédé. Le pinceau cathodique peut être dévié, soit électrostatiquement, au moyen de plaques formant condensateurs, soit électromagnétiquement au moyen de bobines. L'enregistrement se fait normalement sur un film enroulé sur un tambour entraîné à vitesse constante par un moteur synchrone. Pour atteindre des fréquences beaucoup plus élevées on étale le tracé de la façon suivante :

a) Le spot est dévié *linéairement* suivant un axe par la rupture du courant dans une forte inductance.

b) Le spot est dévié très fortement selon une loi sinusoïdale suivant l'axe perpendiculaire.

Il trace donc une sinusoïde aux ordonnées très grandes. La partie sensiblement rectiligne est très importante et c'est sur cette partie considérée comme ligne des abscisses que l'on inscrit en ordonnées le phénomène que l'on désire étudier.

Toute cette installation (fig. 70), occupe un local qui peut être éclairé uniquement en lumière rouge pour permettre d'effectuer les expériences sans risque de voiler les plaques photographiques ultra-sensibles utilisées. La haute tension nécessaire au fonctionnement de l'oscillographe (30 à 60 kilovolts) est produite par transformateurs enfermés dans une cabine munie de verrous de sécurité.

X

ESSAIS DES TUBES ÉLECTRONIQUES [1].

Le Laboratoire national de radioélectricité est équipé pour effectuer tous les essais intéressant les tubes électroniques.

La puissance des machines est toutefois actuellement limitée à 5 kilowatts. Néanmoins le Laboratoire dispose d'appareils de mesure lui permettant d'effectuer toutes mesures sur les installations en service.

Nous allons seulement donner ci-dessous le détail des mesures les plus courantes.

Tubes de réception. — *Tracé des caractéristiques statiques.* — Il est commode de tracer en premier lieu les courbes du courant

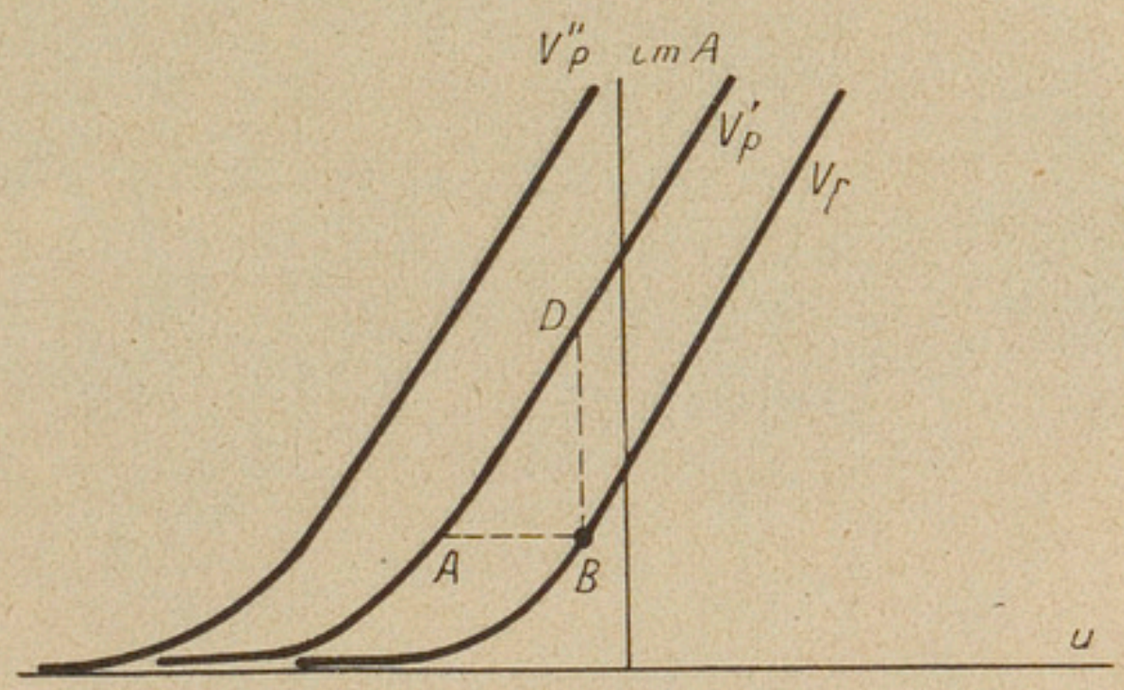


Fig. 71.

de plaque en fonction de la tension de grille, et ceci pour diverses valeurs de la tension anodique. De ces courbes il est facile de déduire toutes les autres courbes, et en particulier les courbes du courant anodique en fonction de la tension anodique pour des tensions de grille constantes. Les coefficients des tubes :

K, coefficient d'amplification.,

ρ, résistance interne.,

s, pente,

1. Note présentée par M. Galle, ingénieur.

sont facilement déterminés sur les réseaux de courbes, et cela en chaque point de fonctionnement possible. En effet, de l'équation fondamentale du tube électronique $\rho\ i_p = V + Ku$

i_p = courant anodique,
V = tension anodique,
u = tension grille de commande.,

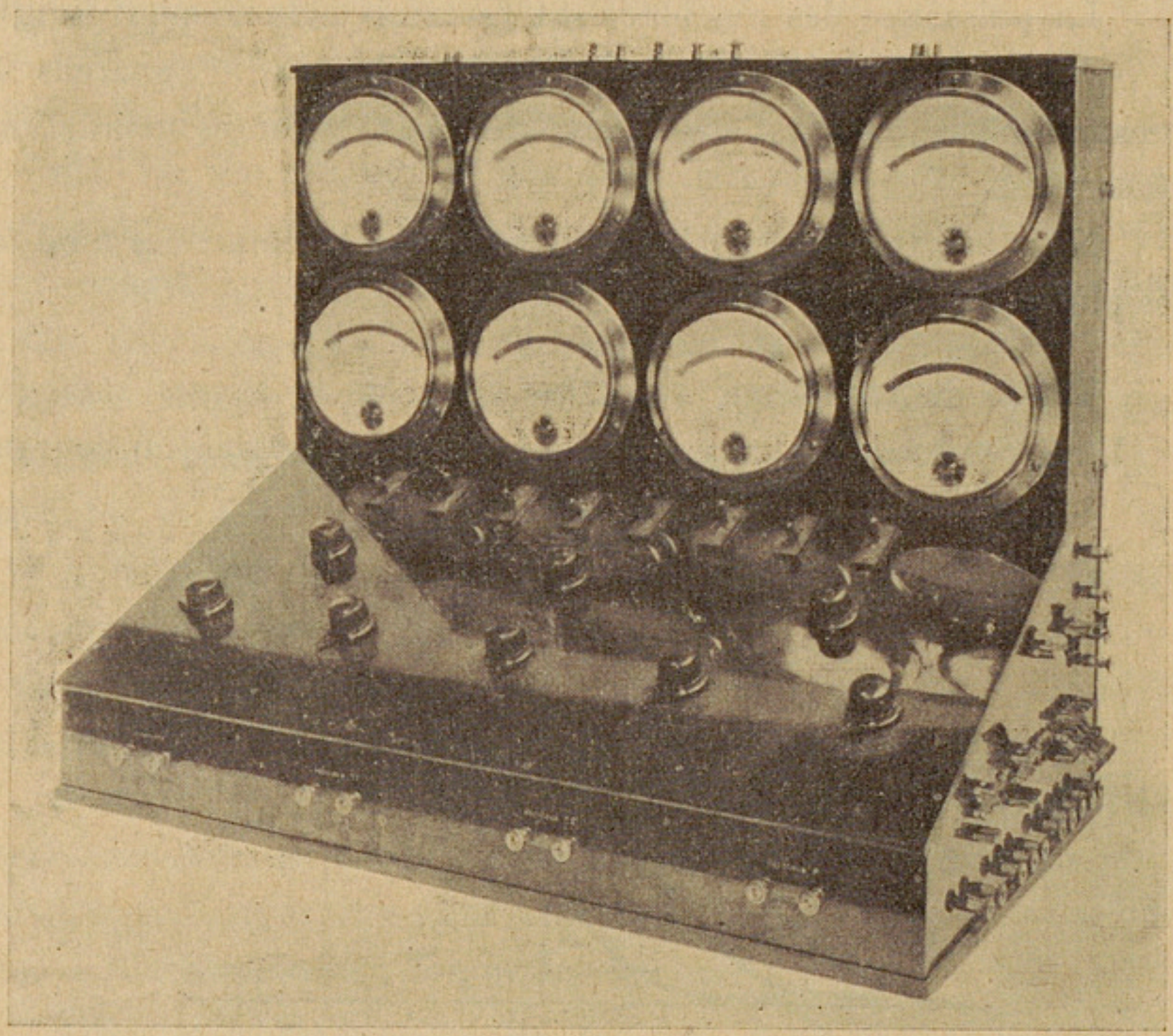


Fig. 72. — Table de caractéristiques (réalisée par M. B. Decaux).

Cet appareil permet d'étudier tous les modèles de tubes électroniques récepteurs. Des appareils de mesure peuvent être insérés dans les circuits de chaque électrode et des potentiomètres permettent de régler à la valeur voulue les diverses tensions.

on tire, si l'on suppose i_p constant, $K = \frac{dv}{du}$. Si l'on se place au point A de la caractéristique, l'on voit que

$$K = \frac{v'_p - v_p \text{ (Différence de tension anodique pour lesquelles ont été relevées les deux courbes passant par A et B.)}}{\text{A B (exprimé en volts à l'échelle des abscisses.)}}$$

$$s = \frac{\text{BD (exprimés en mA à l'échelle des ordonnés.)}}{\text{AB (exprimés en volts à l'échelle des abscisses.)}}$$

Si V = constante, $\frac{\rho\, di_p}{du} = \rho s = K$;

d'où $$\rho = \frac{K}{s}.$$

Tracé des caractéristiques dynamiques à l'oscillographe cathodique. — Il suffit d'appliquer par exemple la tension grille à une paire de plaques et la tension, aux bornes d'une impédance insérée dans le circuit anodique en ordonnée.

Essai de vide. — Des traces de gaz peuvent rester à l'intérieur de l'ampoule. Ces molécules gazeuses ionisées par le choc des élec-

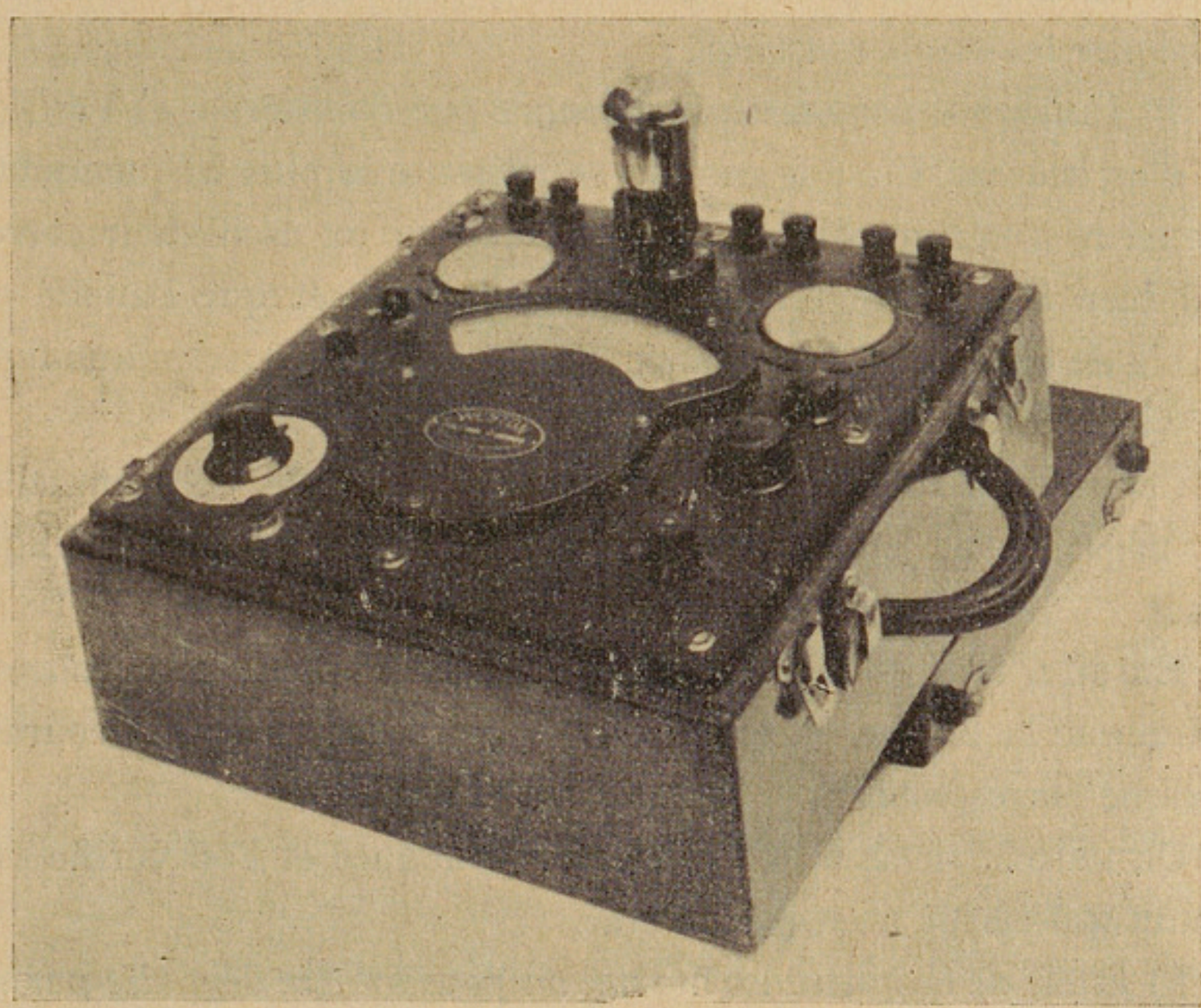


Fig. 73. — Pont Weston pour la détermination directe de K, ρ et s.

trons issus du filament donnent des ions positifs qui seront recueillis par la grille si elle est fortement négative.

Détermination directe au pont de Miller des coefficients K, ρ et s des tubes électroniques. — Un pont dérivé du pont de Miller, mais dont le téléphone indicateur de zéro est remplacé par un élec-

tro-dynamomètre, permet de déterminer directement le coefficient d'amplification K, la résistance interne ρ et la pente s. Le dispositif actuel est gradué jusqu'à $K = 22$. Nous comptons sous peu étendre cette échelle.

Cet appareil portatif permet (fig. 73) de réaliser très rapidement le contrôle d'une fabrication.

Tubes d'émission. — Des modifications sont actuellement apportées aux sources d'énergie sous haute tension et le Laboratoire national de radioélectricité disposera sous peu, sous une tension maximum de 7000 volts, d'une puissance de 10 kVA.

Nous nous bornerons également pour les tubes d'émission à indiquer les essais normaux :

1° *Puissance pouvant être rayonnée par l'anode.* — a) *Vérification d'un marché.* C'est le cas qui se présente le plus fréquemment. Il consiste à vérifier que le tube modulateur ou oscillateur correspond bien à ses caractéristiques de catalogue et que l'anode est capable de dissiper la « puissance d'essai » sous la tension anodique dite « d'essai ».

Cette épreuve s'effectue en rendant la grille de commande très négative et en appliquant au tube la tension anodique d'essai.

Ensuite, tout en maintenant cette tension anodique constante, on diminue la tension négative de grille jusqu'à ce que le courant anodique corresponde à la puissance d'essai.

On note la tension de grille correspondante et l'on vérifie que le courant de grille n'est pas inversé.

b) *Etude de la puissance maximum pouvant être dégradée par un certain modèle de tube.* — On opère comme précédemment, mais on augmente progressivement la tension anodique U puis le courant anodique i en diminuant la polarisation anodique de la grille de commande.

La puissance maximum $UI = P$ est dépassée quand le courant anodique présente des instabilités ou que le courant de grille s'inverse.

2° *Essai des tubes en oscillations.* — Les tubes oscillateurs ayant

satisfait aux essais statiques précédents sont montés sur un circuit oscillant dont les caractéristiques :

inductance d'anode,

inductance de grille,

résistance de grille,

couplage à l'antenne fictive, sont déterminées expérimentalement pour que le tube fonctionne avec le rendement maximum.

La puissance nécessaire au chauffage du filament étant constante et fixée par les caractéristiques du tube, nous n'envisagerons ici que le rendement anodique ρ. Si nous prenons les notations suivantes :

Tension anodique V,

Courant anodique i,

Résistance équivalente au circuit d'antenne fictive R,

Courant haute fréquence I

$$= \frac{\text{Puissance H F}}{\text{Puissance absorbée}} = \frac{R I^2}{V i}.$$

3° *Détermination du courant de saturation.* — Il est impossible de déterminer directement la valeur de ce courant ; sa valeur en effet est telle qu'elle correspond à une puissance que la plaque est incapable de dégrader.

Il est cependant possible, sans danger pour le tube, d'atteindre cette valeur pendant un temps très court.

On remplace alors l'ampèremètre ordinaire par un oscillographe Blondel étalonné et l'on applique au tube une tension anodique alternative pendant un temps assez court. L'oscillographe inséré dans le circuit anodique trace alors seulement l'alternance du courant rendant l'anode positive. Si la saturation du tube est atteinte, le sommet de la sinusoïde présente un polier et l'abscisse de ce palier donne la valeur du courant de saturation.

4° *Essais de vide.* — Ces essais, analogues à ceux effectués pour les tubes de réception, sont effectués avec des tensions négatives de grille élevées pour recueillir tous les ions positifs.

D'ailleurs, dans les tubes d'émission, une trace de gaz est décelée par sa luminescence.

5° *Essais des tubes d'émission à grille écran.* — Des tubes d'émission, fonctionnant en amplificateurs H.F. neutrodynés par grille écran, sont maintenant utilisés dans les postes d'émission.

Leur essai comporte :

1° la mesure de la puissance maximum que l'anode peut dégrader ;

2° la vérification de leur stabilité de fonctionnement en amplificateur H.F., leur grille étant excitée par un maître oscillateur et leur circuit anodique débitant sur une antenne fictive.

XI

MESURE DU RENDEMENT D'UN TUBE D'ÉMISSION PAR LA MÉTHODE PYROMÉTRIQUE [1].

Cette méthode consiste à faire osciller le tube dans ses conditions normales et à repérer au moyen d'un pyromètre la température T de l'anode. On note en même temps la puissance $P = U\,I$ absorbée par le tube.

U = tension anodique.
I = courant anodique.

Puis, le tube étant alimenté en statique sous sa tension normale U, on règle la tension de grille pour que l'anode soit à la même température T que précédemment, soit i le courant anodique correspondant : la puissance dégradée par l'anode est $U\,i$ et le rendement du tube en oscillation était

$$\rho = \frac{U\,(I - i)}{U\,I} = 1 - \frac{i}{I}\,.$$

Cette méthode demande quelques précautions dans la mesure de la température T. Il est en effet très rare que la brillance de l'anode soit uniforme et que sa répartition soit identique en oscillation et en statique.

On élimine cet inconvénient en prenant la moyenne par un verre diffusant convenable.

1. Note présentée par M. Galle, ingénieur.

Le micropyromètre dont nous disposons permet d'ailleurs d'étudier comment se comportent les divers éléments des tubes électroniques (1).

XII

ESSAIS DES CELLULES PHOTO-ÉLECTRIQUES EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE DE LA LUMIÈRE INCIDENTE (2).

Dès 1924, le général Ferrié et M. Jouaust se sont intéressés aux cellules photo-électriques et plus particulièrement à leurs applications à l'astronomie et à la photométrie. Des appareils utilisant la lampe bigrille électromètre selon le montage proposé par M. Jouaust ont été réalisés au Laboratoire national de radioélectricité et expérimentés à l'Observatoire de Paris. Ils ont permis, les uns d'enregistrer le passage au méridien des étoiles jusqu'à la grandeur 3, les autres d'enregistrer sans contacts matériels le passage d'un pendule à la verticale.

Pour toutes ces recherches nous avons été amenés à réaliser divers appareils permettant l'étude des cellules photo-électriques.

En particulier le Laboratoire possède un appareillage destiné à l'étude de la fidélité de réponse des cellules photo-électriques en fonction de la fréquence de modulation de la lumière incidente.

On sait que les cellules photo-électriques peuvent se classer en trois catégories principales.

1° les cellules photo-résistantes,

2° les cellules photo-émissives,

3° les photo-éléments.

---

1. La méthode pyrométrique d'étalonnement des ampèremètres pour courant de haute fréquence (qui a été décrite par M. Jouaust) et que nous utilisons, peut également être appliquée aux étalonnages précis en fréquence musicale. Le générateur G, qui est alors un alternateur, est maintenu à la fréquence désirée F, en faisant battre le courant qu'il produit avec celui d'une hétérodyne indépendante réglée sur cette même fréquence F et en maintenant l'unisson par réglage de la vitesse de l'alternateur.

2. Note présentée par M. Galle, ingénieur.

1° Cellules photo-résistantes. — La résistivité de certains corps varie avec l'éclairement auquel ils sont soumis. Parmi ceux-ci nous citerons le sélénium et l'oxysulfure de thallium.

Mais ces variations de résistance dues à des modifications internes de structure ne sont pas instantanées. D'autre part le passage du courant et la lumière incidente échauffent la cellule et font varier sa résistance. Tous ces facteurs influent sur la loi de réponse de la cellule et peuvent la modifier d'une façon importante.

2° Cellules photo-émissives. — Une telle cellule peut être simplement constituée par une ampoule vidée d'air renfermant une cathode recouverte d'une mince couche de potassium ou de cæsium par exemple et une anode qui a le plus souvent la forme d'un fil rectiligne ou d'un anneau. Si l'on établit une différence de potentiel entre la cathode et l'anode, la cellule étant maintenue dans

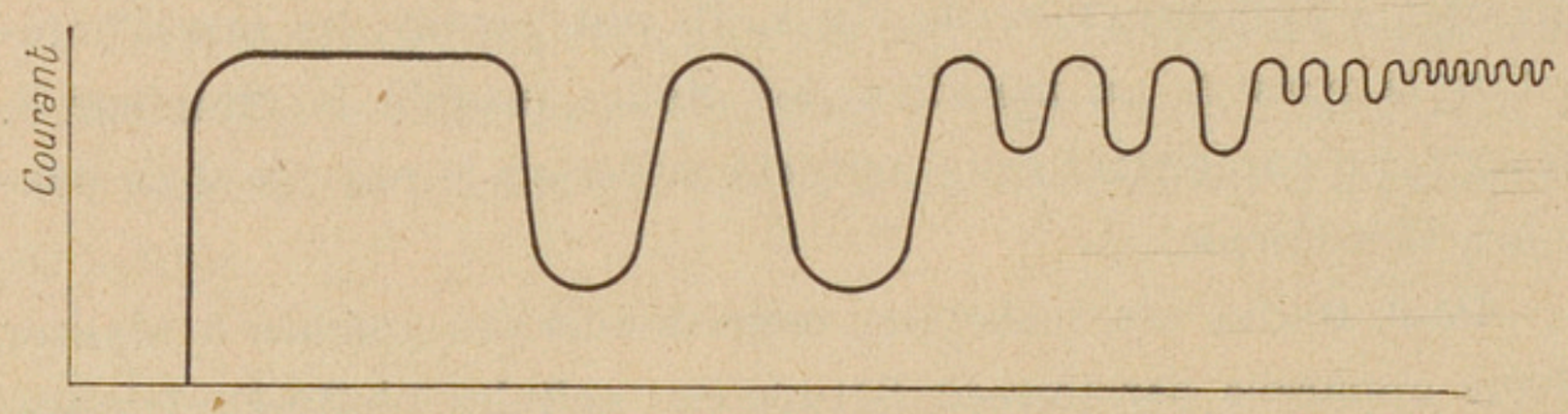


Fig. 74.

l'obscurité, aucun phénomène ne se produit. Si, alors, on éclaire la surface de potassium, des électrons sont libérés par ce métal et recueillis par l'anode. La variation de potentiel de l'anode (donc la sensibilité de la cellule) sera d'autant plus grande que la capacité anode-cathode sera plus réduite. Si, dans une telle cellule, on introduit un gaz (en général de l'argon) à pression convenable on augmente considérablement sa sensibilité. En effet, au courant photoélectrique dont nous avons précédemment parlé s'ajoute un courant dû à l'ionisation par choc de l'atmosphère de la cellule.

Quand on augmente la tension anode-cathode, le courant d'ionisation devient rapidement prépondérant puis, pour une certaine valeur de cette tension, le gaz s'illumine en permanence. Dans la pratique, le point de fonctionnement de la cellule est choisi assez loin de la tension d'illumination.

En effet, si l'effet photo-électrique est instantané, les phénomènes d'ionisation donnent lieu à des retards importants qui se traduisent par un traînage des courbes de courant par rapport aux courbes de lumière et une diminution de la sensibilité quand la fréquence de la lumière incidente augmente : la courbe de la figure 74 rend compte de ce phénomène.

3° **Photo-éléments.** — Ces cellules réalisées par Lange et Schottky en Allemagne et par Auger et Lapicque en France n'ont pas besoin de potentiel auxiliaire : une plaque de cuivre est recouverte d'une très mince couche d'oxyde. Cet oxyde est photo-électrique et les charges libérées sont recueillies par une mince lame de métal transparent (de l'or en général) déposé par pulvérisation cathodique sur la couche d'oxyde. Ces cellules présentent une très grande capacité entre électrodes et leur sensibilité décroît donc également avec la fréquence de la lumière incidente.

Une cellule photo-électrique C (fig. 75) dont le circuit est fermé sur une résistance R peut être éclairée par une source S à intensité

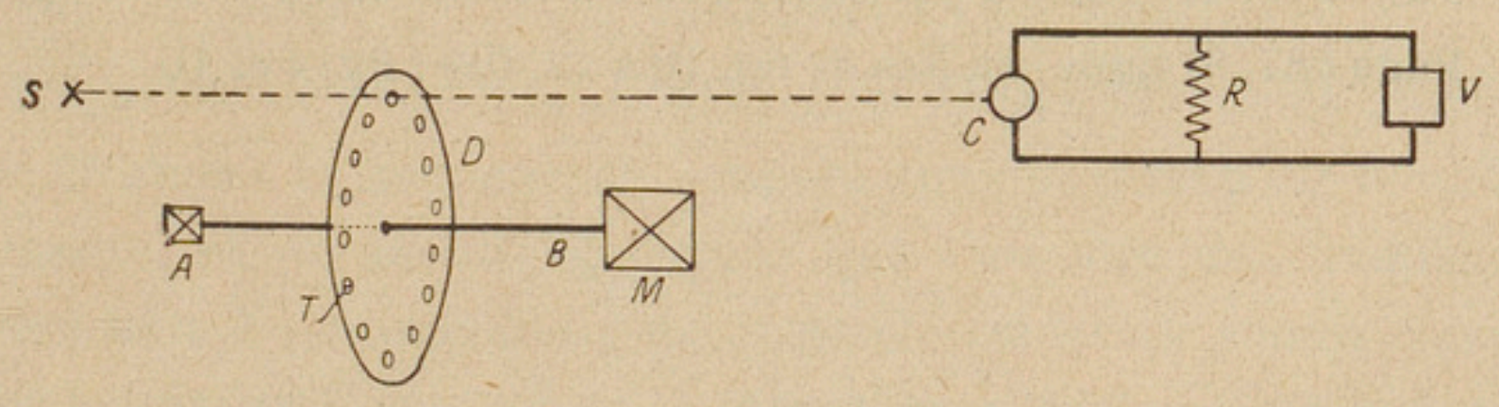


Fig. 75.

lumineuse constante. Sur le trajet du faisceau lumineux S C est disposé un disque D percé de trous T disposés sur une circonférence. Ce disque est calé sur un axe AB entraîné par un moteur M (turbine à air comprimé ou moteur électrique ne créant pas de parasites). Si le disque fait N tours par minute et comporte n trous, la fréquence des éclats lumineux tombant sur la cellule C est $N\,n$. C'est également la fréquence du courant électrique qui parcourt la résistance R.

La tension aux bornes de la résistance R est mesurée, selon les cas, soit par un voltmètre électrostatique, soit par un voltmètre électronique, soit par un oscillographe cathodique. Ce dernier appareil permet en plus d'étudier la distorsion créée par la cellule photo-

électrique. Il est en effet très facile, par une forme convenable des perforations du disque D, d'obtenir une loi bien déterminée de modulation de la lumière incidente et de la comparer à la forme du courant fourni par la cellule. Le même dispositif permet également d'étudier la réponse en fonction de la fréquence, non plus de la cellule photo-électrique seule, mais de l'ensemble cellule-amplificateur basse fréquence.

ERRATA.

Nous prions nos lecteurs de bien vouloir rectifier ainsi qu'il suit la numérotation donnée à certaines figures dans le texte de la première note de cet article, parue dans le n° 7 :

Page 574, 2e ligne, *au lieu de* fig. 2, 3 et 4, *lire* : fig. 2 et 3.

10e ligne à partir du bas, *au lieu de* fig. 5 et 6, *lire* : fig. 11 et 12.

Page 576, 10e ligne, *au lieu de* fig. 7 et 8, *lire* : fig. 5 et 6.

3e ligne à partir du bas, *au lieu de* fig. 9, *lire* : fig. 7.

Page 579, 11e ligne à partir du bas, *au lieu de* fig. 10, *lire* : fig. 12.

Page 587, 6e ligne, *au lieu de* fig. 10 à 12, *lire* : fig. 4 et 10.

LES NOUVEAUX TYPES DE CHARGE PUPIN POUR CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES.

par H. JANNÈS
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Historique. — Au début de la technique de la pupinisation, comme il était établi que l'augmentation de la charge améliorait l'affaiblissement, les différentes administrations utilisaient des bobines Pupin dont l'inductance nous paraît aujourd'hui relativement élevée : ainsi aux Etats-Unis on utilisait des bobines de 245 millihenrys avec un pas de 1.830 mètres. On connaissait pourtant déjà le phénomène de coupure que produit la pupinisation, on savait que d'après la formule :

$$f_0 = \frac{1}{\pi d \sqrt{LC}}$$

(f_0, fréquence de coupure ; d, pas ; L et C, inductance et capacité kilométriques), la fréquence de coupure diminue quand l'inductance augmente, et on savait également que l'absence des fréquences élevées nuit à l'intelligibilité de la parole transmise ; mais comme on ne connaissait pas encore ce merveilleux relais qu'est la lampe à trois électrodes, on était obligé de sacrifier la netteté pour obtenir un volume de son acceptable.

Du jour où on a disposé d'amplificateurs à lampes (1915), puisqu'on pouvait désormais obtenir une puissance suffisante, on a pu soigner davantage la netteté en augmentant la fréquence de coupure par une diminution de la charge. On peut dire que, depuis cette époque, la tendance de la technique a été un allègement constant de la charge. Rappelons seulement brièvement les étapes de l'évolution de la technique américaine, puisque c'est, à peu de chose près, celle qui a été suivie en France et dans beaucoup d'autres pays. On a vu d'abord apparaître la charge dite moyenne (177 millihenrys tous les 1.830 mètres), qui était utilisée pour des

montages à deux fils dans les circuits de longueur inférieure à 600 kilomètres et pour des montages à 4 fils pour les circuits plus longs. Puis on s'est aperçu que, sur les circuits les plus longs, il était utile de diminuer encore la charge pour réduire les phénomènes transitoires et les échos : c'est l'origine de la charge dite légère (44 millihenrys tous les 1.830 mètres), qui était réservée généralement pour les circuits de longueur supérieure à 1.000 kilomètres.

Depuis l'origine du réseau français de câbles à grande distance (1925) jusqu'en 1930, ces deux types de charge ont été les seuls utilisés en France. La charge légère et la charge moyenne étaient également utilisées aux Etats-Unis et dans beaucoup de pays européens (Belgique, Italie, Espagne, etc...). En Allemagne, avec un pas de 2 kilomètres, au lieu de 1.830 mètres, et des inductances légèrement différentes, on obtenait deux types de circuits ayant des propriétés tout à fait analogues.

Orientation nouvelle de la technique. — Cette technique, qui avait été appliquée sans modifications pendant plusieurs années, a évolué sous l'influence de deux idées différentes :

1° Des expériences de netteté, sur lesquelles nous reviendrons plus loin, ont montré que la fréquence de coupure de la charge moyenne était réellement trop basse et qu'on améliorerait sensiblement la qualité des circuits en la remplaçant par une charge à fréquence de coupure accrue. Pour atteindre ce but, on a utilisé de nouveaux types de charge pour circuits téléphoniques.

2° Le développement incessant de la radiodiffusion conduisant à transmettre sur les câbles, non plus de la parole mais de la musique, on s'est aperçu que cette transmission exigeait une fréquence de coupure bien plus grande que celle des circuits téléphoniques normaux. Il a donc fallu mettre au point de nouvelles charges Pupin spécialement adaptées à la transmission de la radiodiffusion.

Dans cette étude, nous parlerons uniquement du premier problème.

Etat de la question en 1930. — Pour servir d'éléments de comparaison, rappelons les valeurs des constantes électriques des charges légère et moyenne, avec les diamètres de 0,9 mm, 1,2 mm et 1,3 mm

qui ont été adoptés en France comme diamètres normaux depuis 1925. Ces constantes sont données dans le tableau 1. Nous avons rapproché, dans le même tableau, les constantes des nouveaux circuits dont nous parlerons plus loin.

TYPE de charge		INDUCTANCE des bobines.	PAS	FRÉQUENCE de coupure.	IMPÉDANCE caractéristique	VITESSE de propagation.	AFFAIBLISSEMENT KILOMÉTRIQUE à 800 p p.s, exprimé en néper, avec fils de		
			m	p : s.	ohms	km : s	0,9 mm	1,2 mm	1,3 mm
Circuits réels.									
Charges anciennes	moyenne.	177	1.830	2.900	1.600	16.500	0.020	0,012	0,011
	légère.	44	1.830	5.700	800	33.000	0,035	0,021	0,018
Charges nouvelles	H 88.	88	1.830	4.090	1.120	23.200	0,027	0,016	0,014
	B 88.	88	915	5.700	1.600	16.500	0,020	0,012	0,011
Circuits fantomes.									
Charges anciennes	moyenne.	63	1.830	3.750	800	21.500	0,020	0,012	0,011
	légère.	18	1.830	7.000	400	40.000	0,035	0,021	0,018
Charges nouvelles	H 88	36	1.830	4.950	560	31.800	0,027	0,016	0,014
	B 88.	36	915	7.000	800	20.200	0,020	0,012	0,011

Tableau 1. — Affaiblissement kilométrique à 800 p : s des principaux types de circuits téléphoniques.

Rappelons également dans le tableau 2 la règle qui était suivie pour le choix de la charge et du type d'équipement suivant la longueur du circuit.

TYPE DE CIRCUIT	LONGUEUR
4 fils charge légère	plus de 1.000 km.
4 fils charge moyenne	600 à 1.000 km.
2 fils charge moyenne	moins de 600 km.

Tableau 2.

Enfin on a reproduit sur la figure 1 le schéma type des différents circuits dans la solution, dite solution Western, adoptée en France jusqu'en 1930 lorsque la distance entre stations était voisine de la distance standard de 75 kilomètres. On voit que, pour les circuits à 4 fils de charge légère sur diamètre de 0,9 mm, l'affaiblissement d'une section d'amplification est de 2,8 népers, ce qui correspond, compte tenu d'une marge de sécurité, à l'amplification

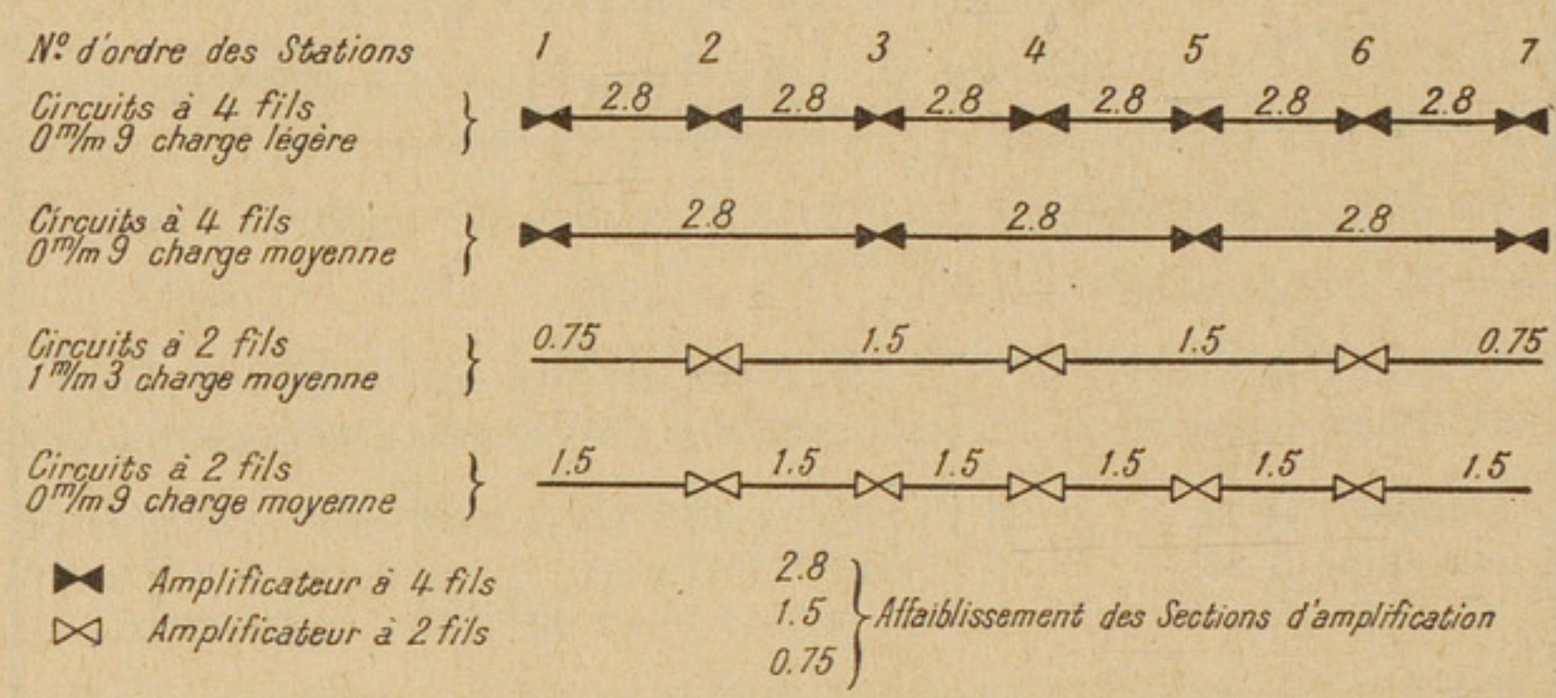


Fig. 1. — Schéma type des circuits 4 et 2 fils dans la solution Western.

maximum qu'on peut tirer d'un amplificateur à 4 fils à un seul étage. Les circuits sont donc amplifiés à toutes les stations.

Pour les circuits à 4 fils de charge moyenne, avec le même diamètre, la formule $\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$ montre, L étant quatre fois plus grand, que l'affaiblissement kilométrique est moitié moindre, de sorte qu'on peut faire l'économie d'un amplificateur sur deux. Tous les circuits à 4 fils sont d'ailleurs amplifiés à leurs extrémités.

Avec les circuits à 2 fils de 1,3 mm, de charge moyenne, comme R est environ deux fois plus petit avec le fil de 1,3 mm qu'avec le fil de 0,9 mm, l'affaiblissement kilométrique est à peu près deux fois moindre qu'avec les circuits de charge moyenne sur fils de 0,9 mm. En fait pour 150 kilomètres il est de 1,5 néper, ce qui correspond également à peu près au maximum qu'il est prudent de ne guère dépasser avec des amplificateurs à deux fils. On voit qu'ici encore on ne met d'amplificateurs que dans une station sur deux. Avec les circuits de 0,9 mm et charge moyenne, ce même

affaiblissement de 1,5 néper correspond à 75 kilomètres, de sorte que ces circuits sont amplifiés à toutes les stations. Remarquons que les circuits à deux fils, à la différence des circuits à 4 fils, ne sont pas amplifiés aux extrémités.

Cette solution est celle qui a été adoptée pour les câbles Paris—Strasbourg, Paris—Boulogne, Paris—Lyon, Marseille—Menton, Lyon-Genève. C'est celle qui a été employée longtemps aux États-Unis et, à quelques variantes près, elle a été appliquée jusqu'en 1928 dans le réseau allemand.

Utilité de l'élargissement de la bande transmise. — Pour plusieurs raisons et en particulier à cause de la montée rapide de la courbe d'affaiblissement — fréquence au voisinage de la fréquence de coupure, il n'est guère possible d'utiliser la bande de fréquences s'étendant au delà de 0,7 f_0, en désignant par f_0 la fréquence de coupure, c'est-à-dire pour les circuits à charge moyenne, au-delà de $0{,}7 \times 2.850 = 2.000$ p : s (fig. 4). Est-il utile de transmettre des fréquences supérieures ? Pour s'en rendre compte, il suffit de faire des expériences de netteté, suivant la méthode bien connue : un opérateur prononce devant un microphone une série de logatomes ; ces syllabes sont reçues dans un récepteur après passage à travers un filtre passe-bas dont on peut régler la fréquence de coupure et on représente la netteté par la proportion de logatomes perçus correctement. Mais il faut remarquer que ces expériences peuvent être effectuées de deux manières différentes. Suivant une première méthode, on peut, pour se rapprocher des conditions de la pratique, utiliser des microphones et récepteurs de type commercial courant : on constate que, dans ce cas, l'intelligibilité est représentée par la courbe 1 de la figure 2. La courbe présente un coude très net à 2.400 p : s et monte ensuite beaucoup plus lentement ; il est donc intéressant d'augmenter la fréquence transmise jusqu'à 2.400 p : s et il n'y a guère d'intérêt, semble-t-il, à l'augmenter davantage. Tel est le raisonnement qu'ont fait les Allemands [1], lorsqu'ils ont adopté le

1. *Sur la standardisation des câbles pupinisés à grande distance*, Lüschen et Küpfmuller (*Europäischer Fernsprechdienst*, avril 1927).

système de pupinisation dénommé système II dans les documents du C.C.I.

Si, au contraire, au lieu d'utiliser des appareils de type commercial, on se sert de microphones et d'écouteurs sans distorsion, on obtient encore une amélioration au-delà de 2.400 p : s (courbe 2,

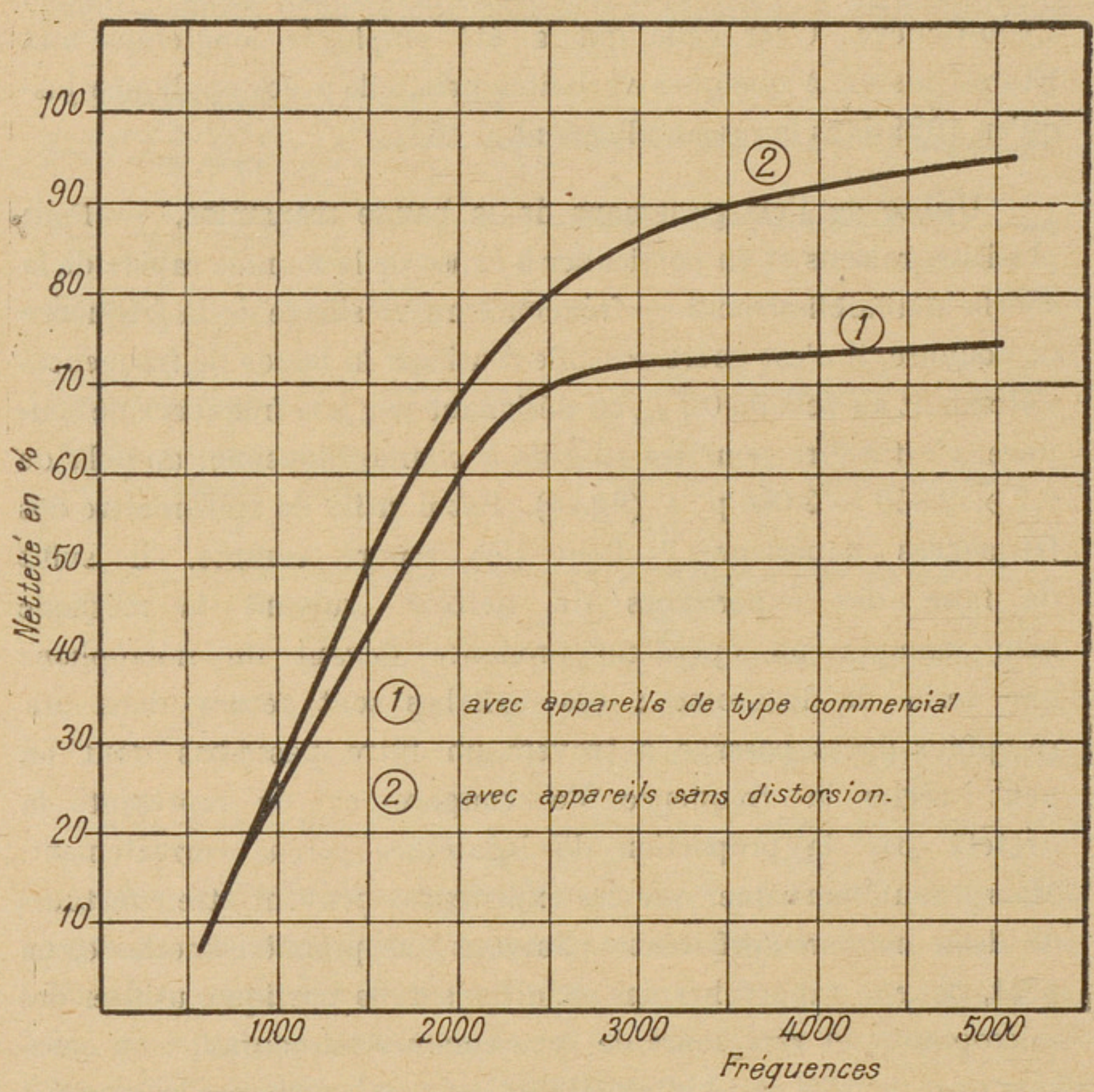


Fig. 2.

figure 2). L'absence d'amélioration au-dessus de 2.400 p : s est donc due à l'imperfection des appareils transmetteurs et récepteurs actuels. Dans ces conditions, il est sage de construire des lignes qui ne soient pas un obstacle aux progrès que les appareils ne manqueront pas de faire. Tel est le point de vue des Américains, et c'est pourquoi ils construisent des lignes capables de transmettre au

moins jusqu'à 2.850 p : s [1] c'est-à-dire ayant une fréquence de coupure au moins égale à $\frac{2.850}{0,7} = 4,050$ p : s.

L'administration française a adopté cette manière de voir et les grands circuits des nouveaux câbles Bordeaux—Hendaye, Paris — Lille n° 2 (en service), Paris—Lyon, n° 2, Paris—Rennes, etc... (en construction) permettent la transmission de cette bande.

Procédé permettant l'élévation de la fréquence de coupure. — Pour réaliser matériellement cette augmentation de la fréquence de coupure, la formule $f_0 = \frac{1}{\pi d \sqrt{LC}}$ montre qu'on dispose de trois moyens :

1° diminuer la capacité,

2° rapprocher les bobines de charge,

3° diminuer leur inductance.

Le premier moyen est à rejeter : pour obtenir l'effet cherché, il faudrait diminuer considérablement la capacité des circuits, c'est-à-dire écarter notablement les fils les uns des autres. Précisons : il s'agit de passer de la fréquence de coupure 2.850 p : s de la charge moyenne à 4.050 p : s c'est-à-dire de multiplier la fréquence de coupure par 1,4 environ ; pour cela, d'après la formule citée plus haut, il faudrait diviser par 2 la capacité. Or, en vertu de la formule [2] :

$$D = \frac{d}{0,65} e^{\frac{\varepsilon}{36 C}}$$

où D représente le diamètre d'une quarte, d le diamètre d'un fil, ε la constante diélectrique, C la capacité d'un circuit réel en microfarads par km, cela aurait pour effet de multiplier par environ 2,7 l'encombrement d'une quarte. On obtiendrait ainsi des quartes extrêmement déformables et on augmenterait d'une manière inadmissible les déséquilibres de capacité et la diaphonie. Ajoutons que ce serait une atteinte grave au principe de la standardisation

1. *Transmitted frequency range for telephone message circuits*, W.H. Martin (*Bell System*, juin 1930).

2. Prache et Jannès, *Cours de Lignes Souterraines à grande distance*, page 42.

des capacités auquel jusqu'à présent toutes les administrations sont restées fidèles. Cette méthode est donc absolument à rejeter ; elle n'a d'ailleurs été mise en pratique dans aucun pays.

Le deuxième procédé, la diminution du pas de pupinisation, est celui qui a été adopté en Allemagne, où en 1928, le pas a été ramené de 2 km à 1,700 km. Une diminution uniforme du pas s'applique ainsi aux circuits à deux fils de charge moyenne pour lesquels cette amélioration est utile et aux circuits à quatre fils de charge légère pour lesquels elle est moins nécessaire. Si on remarque que dans bien des câbles à grande distance les quartes à deux fils ne forment qu'un tiers du nombre total des quartes du câble, cette méthode conduit à un supplément de dépense portant sur tout le câble, alors que seul un tiers en a vraiment besoin.

Cette diminution du pas ne constitue un procédé souple, pouvant être appliqué aux circuits qui en ont besoin et à ceux-là seu-

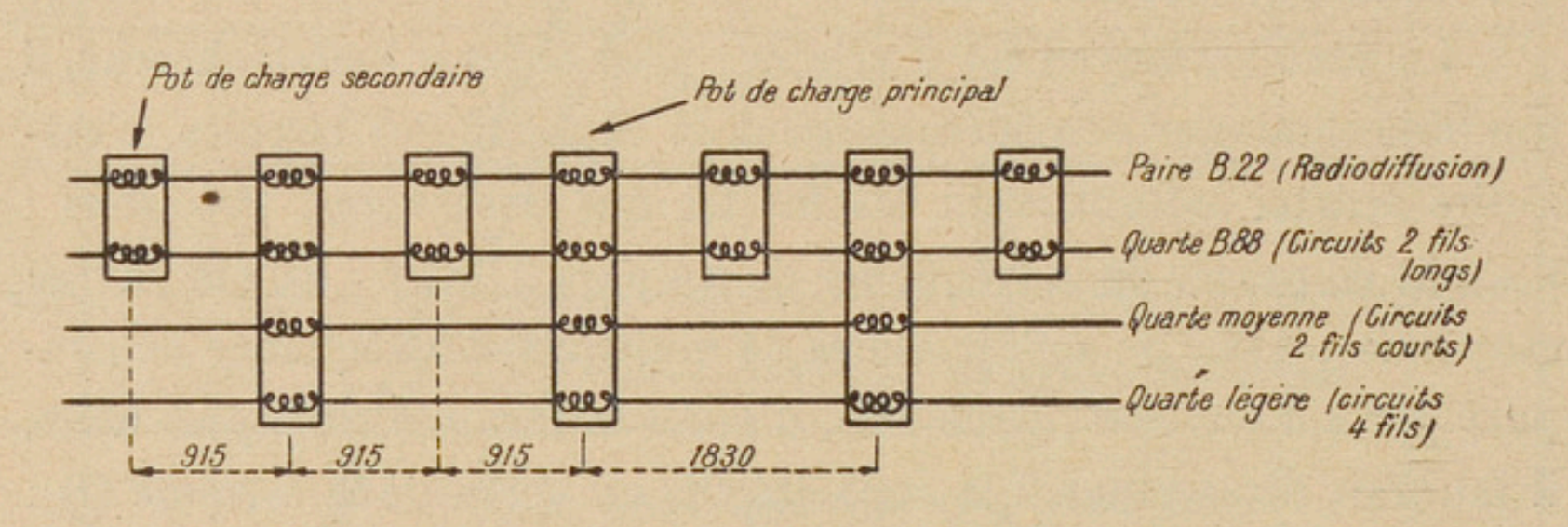


Fig. 3. — Disposition des bobines dans les pots de charge dans le cas de deux pas Pupin : 1830 et 915 m.

lement, que si on prend un pas exactement moitié du pas normal. Si le pas normal est de 1.830 mètres, on trouve alors tous les 1.830 mètres un point de charge principal où on pupinise tous les circuits du câble et au milieu de chaque section de 1.830 mètres, un point de charge secondaire où sont pupinisés les circuits pour lesquels on désire une fréquence de coupure accrue. Sur la figure 3 on a représenté schématiquement la disposition des pots de charge situés tous les 1.830 mètres où sont pupinisés les circuits des anciennes charges moyenne et légère. Les circuits à pas 915 m. dits B22 et B88, que nous allons étudier, sont en outre pupinisés dans les pots secondaires placés à mi-distance des précédents.

Le troisième procédé, la diminution de l'inductance, est également un procédé souple qui permet de faire porter l'amélioration, et par suite l'augmentation de prix, uniquement sur les circuits pour lesquels cet effort est justifié.

Ces deux méthodes, adoption du pas de 915 mètres et d'une inductance plus faible, ont été mises en pratique conjointement aux Etats-Unis, par l'adoption des deux nouveaux types de charge [1] dits H88 et B88 [2]. La charge H88 utilise des bobines de 88 millihenrys placées tous les 1.830 mètres, elle relève donc du troisième des procédés que nous avons énumérés. La charge B88, dans laquelle des bobines de 88 millihenrys sont placés tous les 915 mètres, combine la deuxième et la troisième méthodes. Il est intéressant de noter que ces deux charges ne nécessitent la construction que d'un seul type de bobine.

C'est cette solution qui a été également adoptée en France. La transmission jusqu'à 2.850 p : s nécessitant, nous l'avons vu, une fréquence de coupure de 4,050 p : s, les charges H88 et B88 dont les fréquences de coupure sont respectivement de 4.090 et 5.700 p : s satisfont donc à cette condition.

La pratique française ayant adopté, pour les circuits fantômes, le même affaiblissement que pour les circuits réels, ceci est réalisé pour ce type de circuits en insérant sur le circuit fantôme une bobine de 36 millihenrys.

Remarquons que la charge légère permet également la transmission de la bande s'étendant jusqu'à 2.850 p : s puisque sa fréquence de coupure est de 5.700 p : s comme celle de la charge B88.

Propriétés des nouveaux types de charge. — *Propriété de la charge H.88.* — 88 étant le double de 44 et sensiblement la moitié de 177, la charge H 88 a des propriétés qui sont intermédiaires entre celles de la charge légère et celles de la charge moyenne. Si on la compare, par exemple à la charge moyenne, la fréquence de coupure,

---

1. *Récent dévelopements in long distance câbles*, Clark, Bell System, mai 1930..

2. Dans la notation utilisée aux Etats-Unis, l'indice H indique un pas de 1.830 mètres, l'indice B un pas de 915 mètres.

l'affaiblissement et la vitesse de propagation sont 1,4 fois plus grands, l'impédance caractéristique est 1,4 fois plus petite. Les constantes des deux types de charge sont indiquées sur le tableau 1. La figure 4 donne les courbes d'affaiblissement-fréquence d'un circuit pupinisé avec chacun des types de charge ci-dessus mentionnés.

Propriétés de la charge B 88 Comparaison entre les circuits B 88 en fils de 0,9 mm et les circuits de charge légère avec fils de 1,3 mm. —

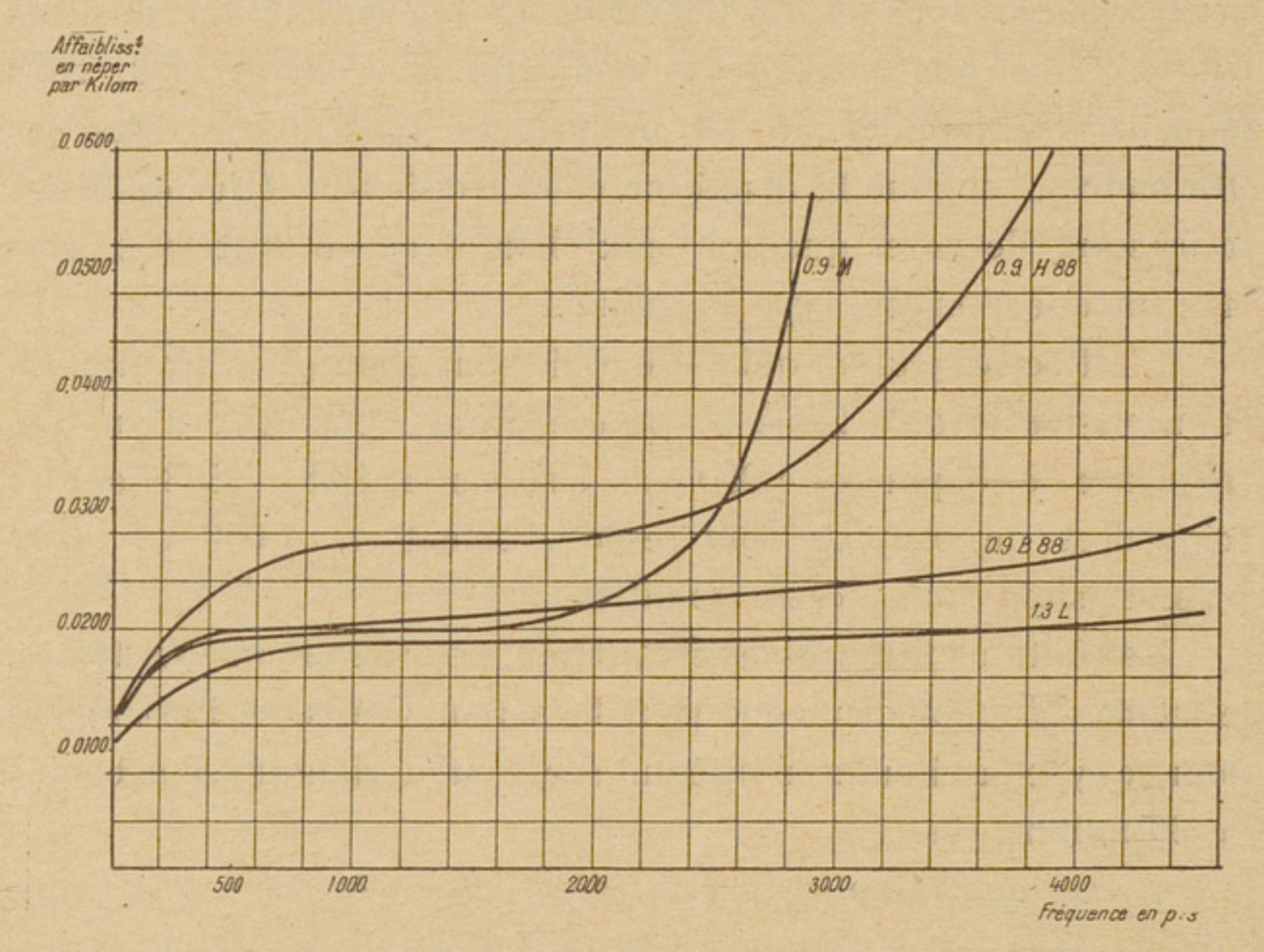


Fig. 4. — Affaiblissement kilométrique des principaux types de circuits téléphoniques (circuits réels).

La charge B 88 ayant la même inductance kilomètrique que la charge moyenne (les bobines ont une inductance deux fois plus faible, mais il y en a deux fois plus), la formule approchée $\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$ qui donne l'affaiblissement d'un circuit pupinisé montre que, pour un même diamètre de fil, les charges moyenne et B 88 ont le même affaiblissement.

Par contre, au point de vue de la fréquence de coupure, la charge B 88 est équivalente à la charge légère comme le montre la formule

$f_0 = \frac{1}{\pi d \sqrt{LC}}$. Dans la charge B 88 en effet, l'inductance kilométrique L est quatre fois plus grande que dans la charge légère (inductance des bobines deux fois plus grande et bobines deux fois plus rapprochées), mais le pas d est deux fois plus petit.

Si on remarque en outre que les fils de diamètre 1,3 mm ont une résistance environ moitié moindre que ceux de 0,9 mm, on voit que les circuits en fils de 1,3 mm avec charge légère 44/18 sont tout à fait analogues aux circuits en fils de 0,9 mm avec charge B 88/36 : les uns et les autres ont approximativement le même affaiblissement et la même fréquence de coupure.

Nous verrons plus loin que l'utilisation de l'un ou l'autre de

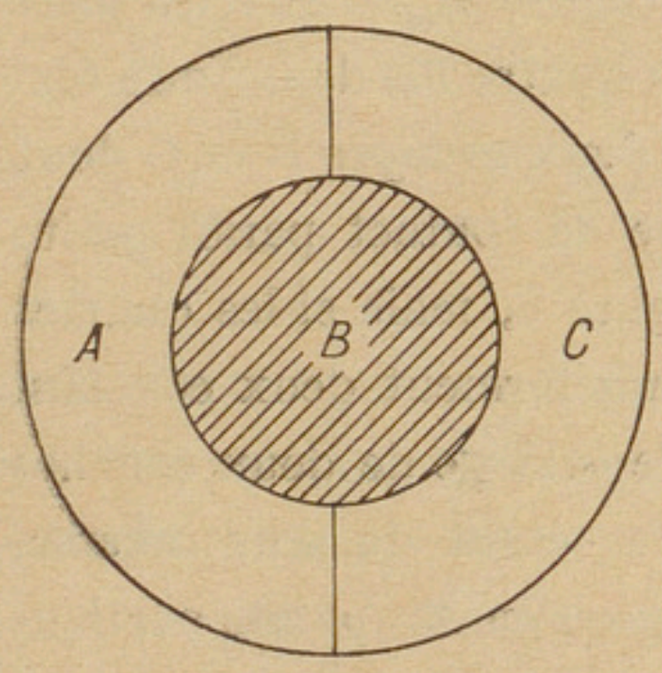


Fig. 5.

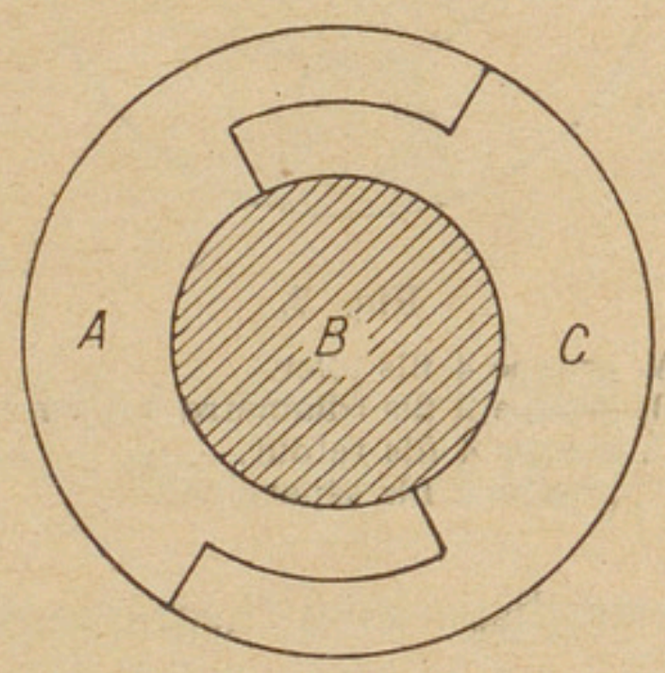


Fig. 6.

A, groupe 4 fils aller.
B groupe 2 fils (diamètre 1:3 mm).
C, groupe 4 fils retour.

ces deux types de circuit est particulièrement indiquée dans le cas où la distance entre stations amplificatrices est voisine de la distance type de 75 kilomètres. Il est donc utile de comparer d'une manière plus complète les avantages et les inconvénients de ces deux modèles de circuits.

Remarquons d'abord que la solution du fil de 0,9 mm avec charge B88 conduit à utiliser un câble homogène en fils de 0,9 mm ; au contraire si on adopte le fil de 1,3 mm on obtient un câble mixte en fils de 1,3 mm et 0,9 mm. Dans le cas où la distance entre stations est voisine de la distance type de 75 kilomètres — et c'est la solution que l'on adopte chaque fois que les données géographiques du

problème ne s'y opposent pas — on constitue toujours les circuits à 4 fils en fils de 0,9 mm. Suivant que l'on fait les circuits à 2 fils en fils de 0,9 mm ou bien en fils de 1,3 mm on obtient donc un câble homogène ou bien un câble mixte.

Or les câbles homogènes présentent sur les câbles mixtes un certain avantage au point de vue de la séparation en groupes d'équilibrages. En effet, la pratique du câblage a montré que, dans un câble mixte en fils de 1,3 mm et 0,9 mm, il est préférable de mettre les gros fils au centre. Les quartes de 1,3 mm forment alors un groupe d'équilibrage A (figure 5), les quartes pour circuits à quatre fils de 0,9 mm forment les deux groupes B et C dont la surface de contact paraît petite sur la figure 5, mais si les quartes de 0,9 mm forment deux couches, les pas de câblage de deux couches successives étant de sens inverse, cette disposition théorique ne se présente qu'en des points particuliers ; sur le reste du câble, la disposition véritable des couches est celle qui est indiquée sur la figure 6. On voit que la séparation des deux groupes à 4 fils est mal assurée. On peut essayer de l'améliorer en mettant entre les groupes à 4 fils A et C (figure 7) des quartes séparatrices D, mais si les quartes A, C et D sont câblées en deux couches, pour la raison exposée ci-dessus, la séparation des groupes A et C n'est pas très bonne. De plus, en portant à quatre le nombre de groupes, on diminue le nombre de quartes de chacun, ce qui réduit les possibilités d'équilibrage.

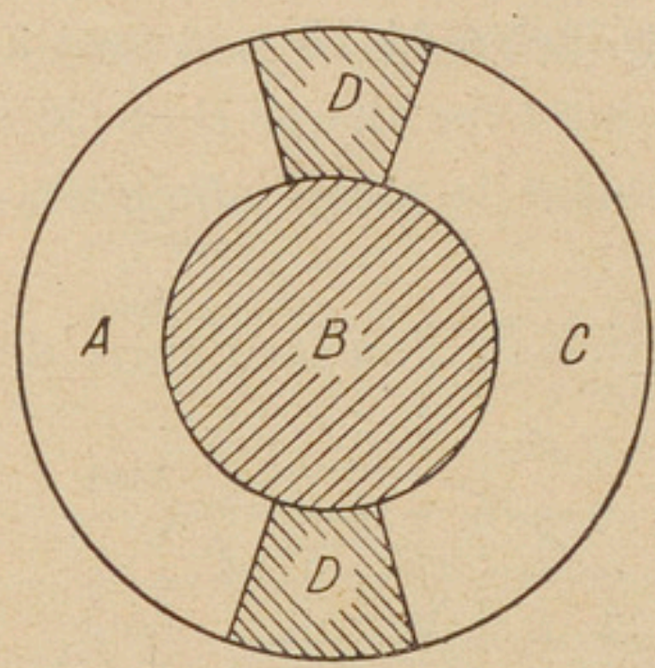


Fig. 7.

A. groupe 4 fils aller.
B, groupe 2 fils (dlamètre 1,3 mm).
C, groupe 4 fils retour.
E, groupe 2 fils séparateur.

Tous ces inconvénients sont évitables dans un câble homogène (fig. 8) en adoptant une ségrégation par couches, la séparation entre les groupes à 4 fils A et C est parfaite. Il n'est d'ailleurs pas indispensable que les groupes forment des couches entières (fig. 9). Cette disposition permet un autre avantage : on peut, au milieu d'une section d'amplification, permuter les deux groupes de

circuits à 4 fils de façon que ce soit toujours le groupe de circuits de niveau bas qui soit au centre du câble (fig. 10) : dans cette position, entourée par les autres quartes qui forment un écran, ils sont protégés autant qu'il est possible contre toute influence

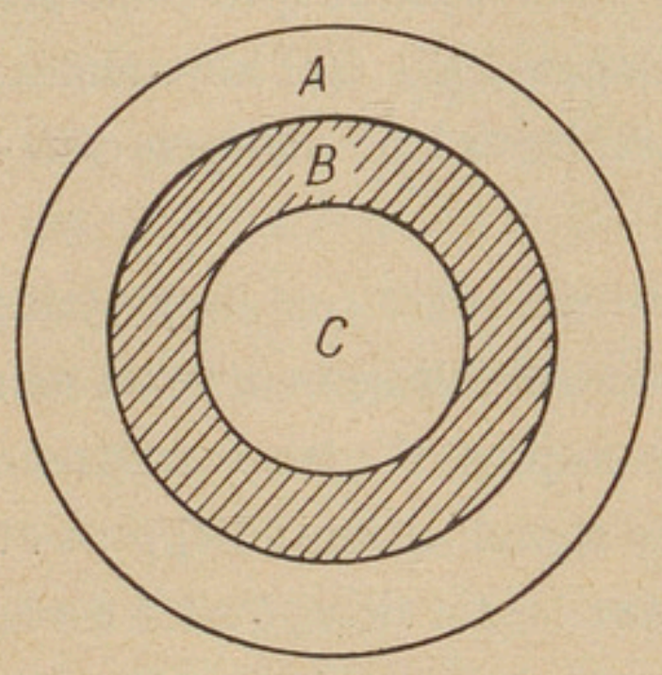


Fig. 8.

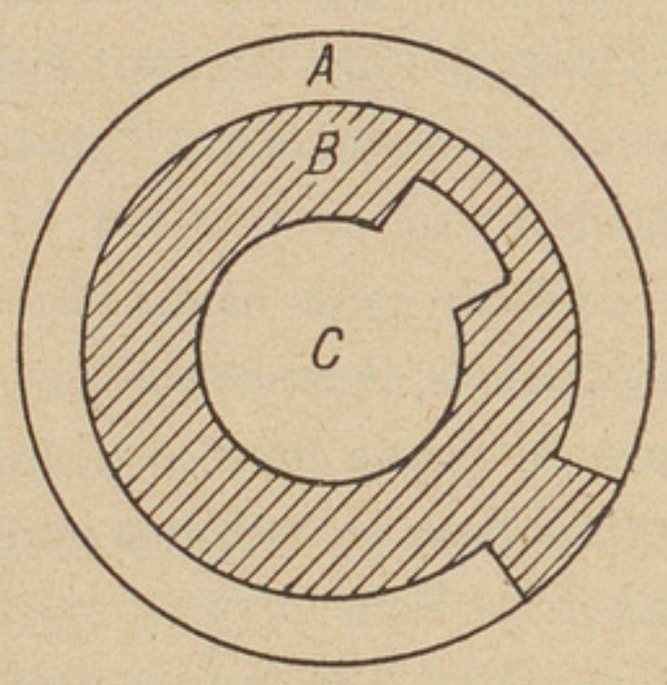


Fig. 9.

A, groupe 4 fils aller.
B, groupe 2 fils.
C, groupe 4 fils retour.

électromagnétique d'origine extérieure. Cet artifice est particulièrement avantageux dans le cas de câbles placés près de lignes d'énergie.

A côté de ces points, pour lesquels les circuits de 0,9 mm B88

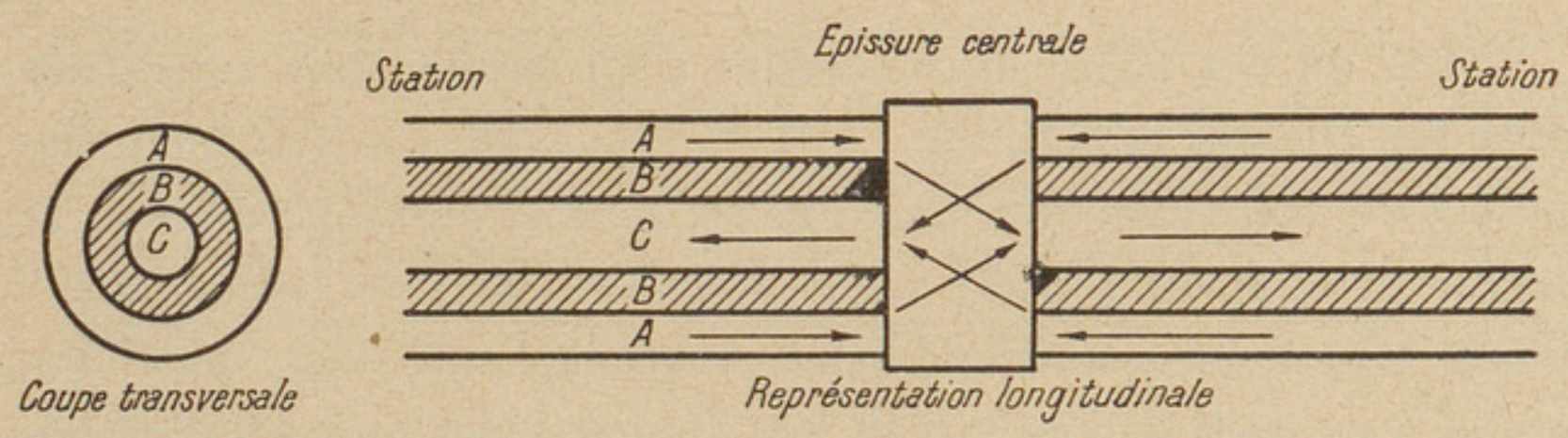


Fig. 10. — Permutation des groupes au milieu d'une section d'amplification.
A, groupe 4 fils de niveau haut.
B, groupe 2 fils
C, groupe 4 fils de niveau bas.

l'emportent sur les circuits de 1,3 mm avec charge légère, il y en a deux sur lesquels le dernier type de circuit est supérieur. D'abord l'égalité des affaiblissements que nous avons mentionnée n'est qu'approximative ; en réalité il y a une différence d'environ 10 % qui est à l'avantage des circuits de 1,3 mm avec charge légère.

En outre, les phénomènes transitoires, dont la durée est inversement proportionnelle au produit du pas de pupinisation et du cube de la fréquence de coupure [1], sont deux fois plus courts avec la charge légère. Il faut cependant ajouter que la question du choix entre la charge légère et la charge B 88 ne se posant que pour les circuits à deux fils dont la longueur ne dépasse pas 600 kilomètres, pour ces distances, les phénomènes transitoires n'ont que peu d'importance.

Enfin pour compléter cette comparaison entre ces deux types de circuits, il est bon de signaler que, si leur affaiblissement est à peu près le même pour les fréquences téléphoniques, il n'en est pas de même pour les fréquences des courants de signalisation : 500 p : s et 25 p : s. Pour ces fréquences, surtout pour la dernière, l'effet de la forte charge du circuit B 88 est moins marqué, de sorte que l'avantage du circuit de 1,3 mm avec charge légère s'accentue (fig. 4).

Nous avons tenu à énumérer les différents aspects de cette comparaison. Si nous voulons maintenant faire la balance entre les avantages respectifs des deux types de circuits, on doit reconnaître que les quelques points sur lesquels les circuits de 1,3 mm à charge légère l'emportent sur les circuits de 0,9 mm avec charge B 88 sont bien minimes.

Cas où des tronçons successifs d'un circuit sont constitués avec des charges différentes. — Nous venons de voir que nous disposons de trois types de charge : H 88, B 88 et légère permettant la transmission jusqu'à 2.850 p : s. Les deux derniers types permettraient même la transmission d'une bande beaucoup plus large, mais lorsqu'on a en série sur un circuit des tronçons (ou sections d'amplifications) équipés respectivement avec la charge H 88 et l'une des deux autres, il est évidemment nécessaire de limiter la transmission à la fréquence 2.850, valeur extrême que permet la charge H 88.

---

1. Wallot, *Theorie der Schwachstrom-technik*, p. 294. La durée du phénomène transitoire est donnée par la formule :

$$T = \frac{l}{d} \frac{\omega^2}{\omega_0{}^3}$$

(l longueur, d pas, ω pulsation transmise, ω_0 pulsation de coupure).

La marge supplémentaire dont on dispose sur les tronçons de charge B 88 ou légère n'est pas perdue. On diminue ainsi, en effet, le rapport de la fréquence maximum transmise à la fréquence de coupure, ce qui produit une double amélioration. On réduit ainsi les phénomènes transitoires puisqu'on augmente la fréquence de coupure (voir note 1, p. 982). On améliore surtout les phénomènes de réaction des circuits à deux fils. Dans les circuits à deux fils, en effet, les inégalités inévitables des inductances des bobines et des capacités des sections produisent des oscillations des courbes d'impédance-fréquence, ce qui produit une tendance à l'amorçage des amplificateurs. Or l'expérience montre, et il est facile de démontrer théoriquement [1] que l'amplitude de ces oscillations croît quand on se rapproche de la fréquence de coupure. Quand sur les circuits à charge B 88 ou légère, on limite la transmission à 2.850 p : s c'est-à-dire à une fraction $\frac{2.850}{5.700} = 0,5$ de la fréquence de coupure, on diminue considérablement ce phénomène. Pour ces deux raisons, il n'est pas illogique, comme on pourrait le croire au premier abord, de mettre en série des tronçons de fréquences de coupure différentes.

Choix de la charge et du calibre dans la construction des câbles. — Nous venons de voir que le réseau français dispose actuellement de quatre types de charge : les deux charges anciennes (moyenne et légère) et les deux charges nouvelles (H 88 et B 88). Des raisons d'unification ont conduit d'autre part à limiter à trois le nombre des calibres employés : 0,9 mm, 1,2 mm et 1,3 mm.

Voyons les règles suivies dans le choix des charges et des calibres.

En ce qui concerne la charge des circuits à 4 fils, depuis plusieurs années, ils sont tous constitués en charge légère ; la charge moyenne ne permettant sur ces circuits qu'une économie minime pour une qualité nettement inférieure.

---

1. *Théorie de la téléphonie sur les câbles pupinisés*, Hermann Schulz, (*Annales P.T.T.*, avril 1929).

Quant aux circuits à deux fils, bien que l'augmentation de la fréquence de coupure soit toujours souhaitable au point de vue technique, il n'a pas paru possible, pour des raisons d'ordre économique, d'éliminer complètement la charge moyenne. Elle est conservée pour les circuits courts, sans répéteur ou comprenant un seul répéteur. Ce cas correspond à des distances inférieures à 150 kilomètres en général.

Pour les distances supérieures, on utilise l'un des trois types de charge H 88, B 88 ou légère. Comme la question de la charge est intimement liée à celle de l'affaiblissement, le choix entre ces trois types est surtout dicté par la considération de la distance entre stations amplificatrices. Nous distinguerons trois cas :

1° *Distance normale de 75 km entre stations.* — Nous avons vu plus haut que la solution adoptée jusqu'à ces dernières années, dite solu-

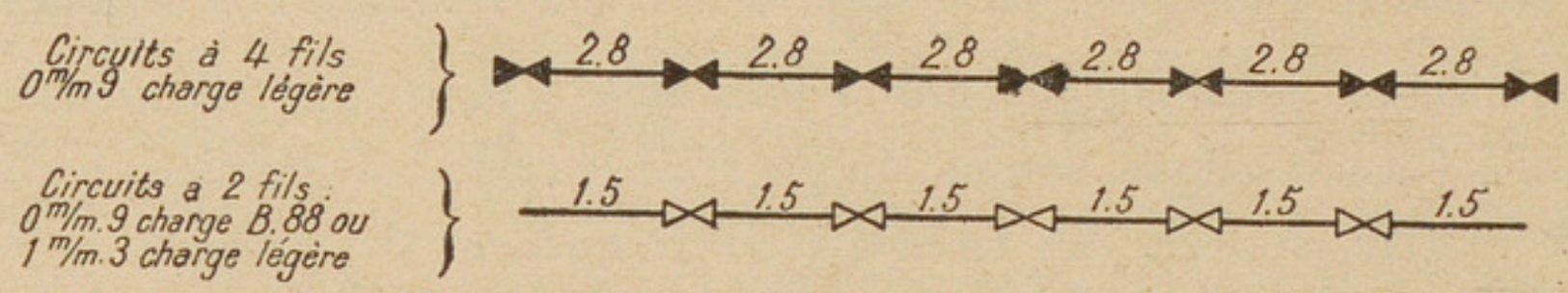


Fig. 11. — Schéma type des circuits 4 fils et 2 fils (solution actuellement adoptée en France).

tion Western et schématisée sur la figure 1, réalise un rapport satisfaisant entre les affaiblissements des circuits à deux fils et des circuits à quatre fils, ce qui permet d'utiliser à plein le gain des amplificateurs. Lorsqu'on abandonne la charge moyenne, il est important de conserver cette correspondance entre les affaiblissements des sections d'amplification des circuits à deux fils et quatre fils, et c'est bien ce qui a lieu lorsqu'on adopte, pour les circuits à deux fils longs, la charge B 88 sur fils de 0,9 mm ou la charge légère sur fils de 1,3 mm. Ces deux types de circuits., ayant la même affaiblissement que les circuits en fils de 0,9 mm avec charge moyenne déjà utilisés, pourront être choisis chaque fois que la distance entre stations est voisine de 75 kilomètres. Par contre, la charge H 88 n'est pas indiquée ; avec des fils de 0,9 mm, l'affaiblissement serait trop grand, les circuits ne fonctionneraient pas convenablement ; avec des fils de 1,3 mm ou même de 1,2 mm, l'affaiblissement d'un tronçon de

câble entre stations serait trop réduit, les circuits seraient inutilement coûteux.

En résumé, pour cette distance, deux types seulement conviennent pour les circuits à deux fils longs : fil de 1,3 mm. avec charge légère ou fil de 0,9 mm avec charge B 88. La figure 11 montre schématiquement la constitution actuellement adoptée pour les diffé-

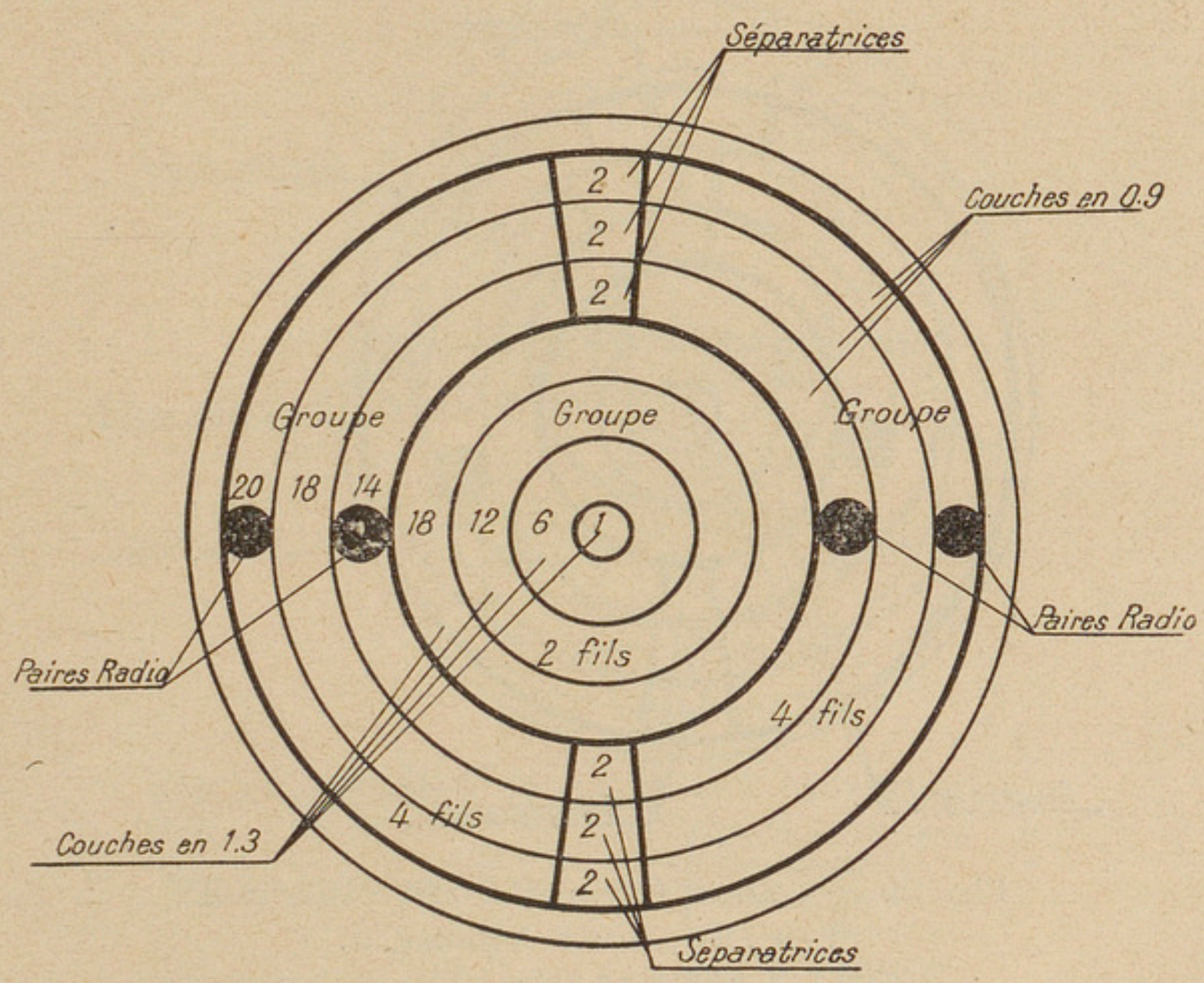


Fig. 12. — Câble à 153 quartes et 4 paires radio.

Type { Paris-Lyon II. / Paris-Le Mans.

Centre :	1 quarte 1,3 mm.		
1re couche :	6	—	—
2e — :	12	—	—
3e — :	18	—	—
4e — :	32 quartes 0,9 mm et 2 paires 1,3 mm.		
5e — :	40	—	—
6e — :	44	—	— et 2 paires 1,3 mm.

La répartition en groupes d'équilibrage est celle du câble Paris-Lyon II.

rents types de circuits. On remarquera que tous les circuits sont désormais amplifiés à toutes les stations.

Les avantages techniques comparés des circuits de 1,3 mm avec charge légère ou de 0,9 mm avec charge B 88 n'étant pas extrêmement marqués et leurs prix, nous le verrons, étant assez rapprochés pour que, sous l'influence des facteurs économiques, leur ordre

puisse être inversé, le choix de l'administration a été guidé surtout par des raisons de normalisation des types de câbles. Les types suivants sont actuellement adoptés comme modèles normaux :

153 quartes (37 × 1,3 mm + 116 × 0,9 mm) (fig. 12).

110 quartes (19 × 1,3 mm + 90 × 0,9 mm (fig. 13).

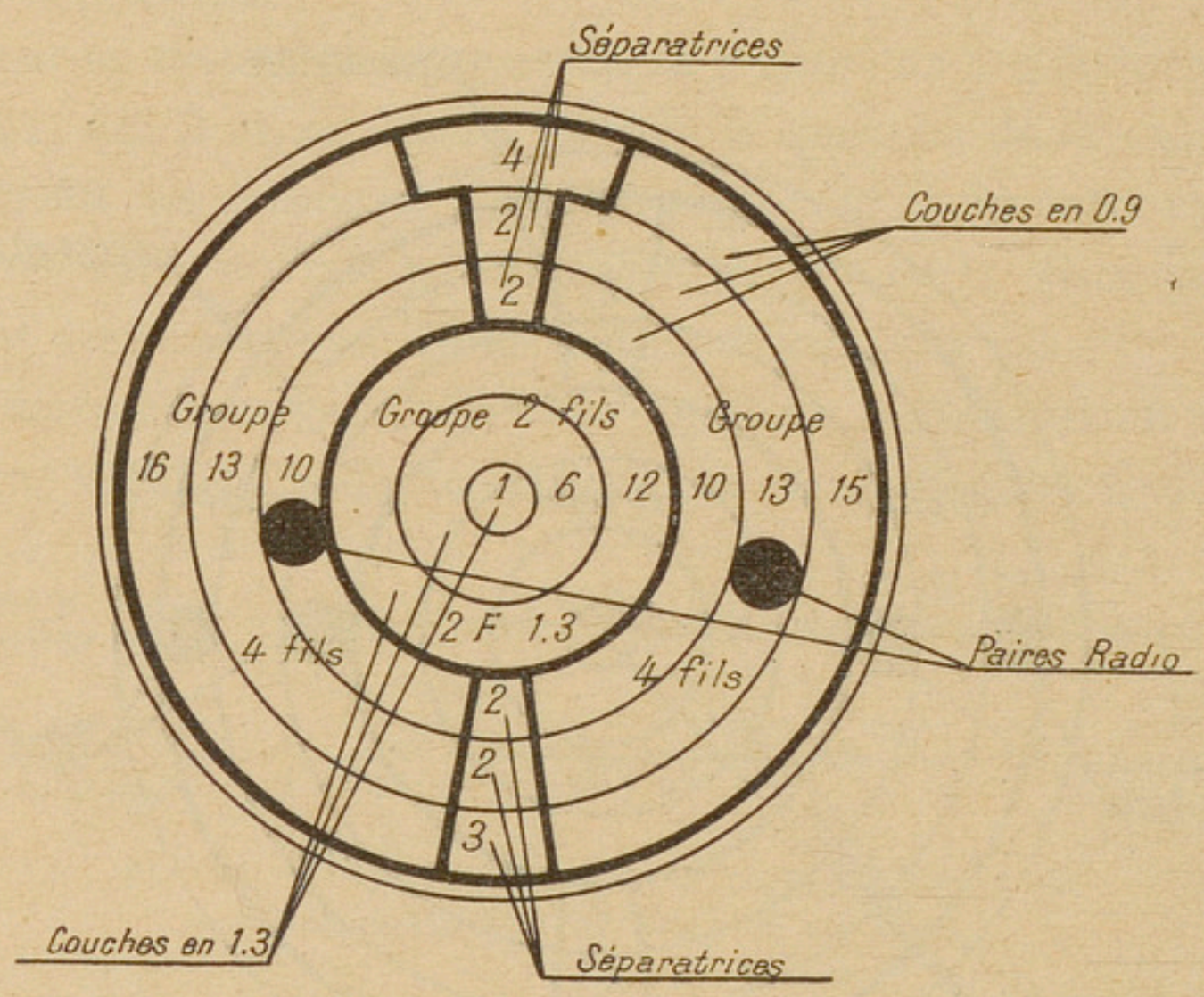


Fig. 13. — Câble à 110 quartes et 2 paires radio.

Type : Bordeaux-St-Jean-de-Luz.

Centre :	1 quarte 1,3 mm.					
1re couche :	6	—	—			
2e — :	12	—	—			
3e — :	24 quartes 0,9 mm et 1 paire 1,3 mm.					
4e — :	30	—	—	—	—	
5e — :	37	—	—			

89 quartes (entièrement en fils de 0,9 mm) (fig. 14).

73 quartes (entièrement en fils de 0,9 mm) (fig. 15).

2° *Distances entre stations inférieures à 63 kilomètres.* — Les types de circuits ci-dessus énumérés sont adaptés, nous l'avons vu, à des distances entre stations voisines de 75 kilomètres. Or, il est avantageux pour l'exploitation de placer les stations dans les villes où convergent les circuits locaux, surtout dans les centres de distribution. On peut donc être amené à placer des stations à des distances sensiblement différentes de la distance normale de 75 kilomètres.

Lorsque la distance est inférieure à 63 kilomètres, au lieu

d'utiliser la charge B 88, on peut faire l'économie d'une bobine sur deux : l'adoption de la charge H 88 avec fils de 0,9 mm permet de faire un câble entièrement en fils de 0,9 mm, l'affaiblissement entre stations n'étant pas exagéré.

Dans le cas assez fréquent, où sur un câble les distances entre

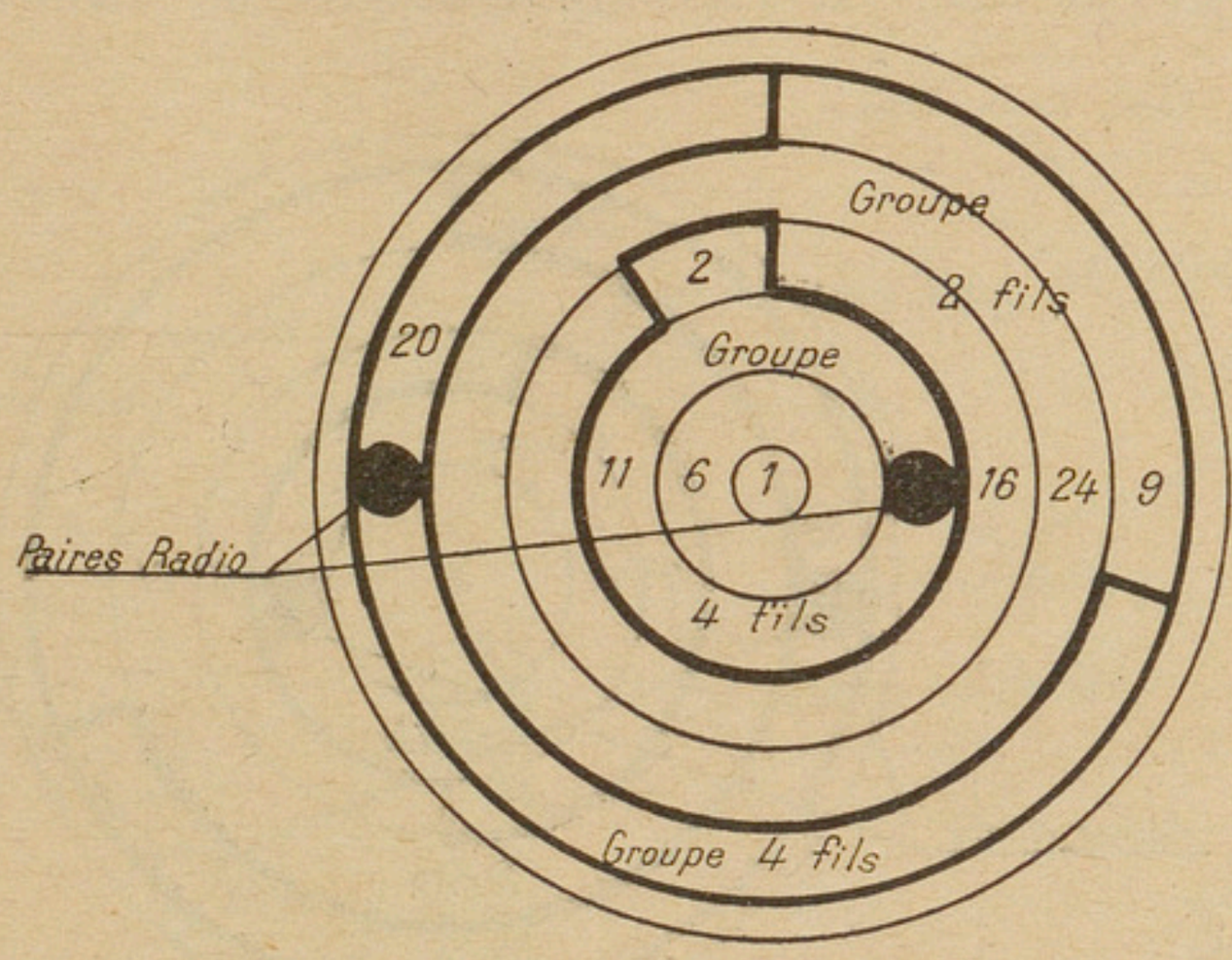


Fig. 14. — Câble à 89 quartes et 2 paires radio.

Quartes en fils de 0,9 mm : type { Le Mans-Rennes. Dijon-Belfort. La Palisse-Vichy. Riom-Clermont.

Quartes en fils de 1,2 mm : type { Le Mans-Angers. Narbonne-Avignon.

Centre :	1	quarte	0,9	mm.	
1re couche :	6	—	—		
2e — :	11	—	—		et 1 paire 1,3 mm.
3e — :	18	—	—		
4e — :	24	—	—		
5e — :	29	—	—		et 1 paire 1,3 mm.

La répartition en groupes d'équilibrage est celle du câble Le Mans-Rennes.

stations sont tantôt normales, tantôt plus courtes, le nombre de circuits nécessaires restant constant sur tout le trajet, il est ainsi possible d'utiliser le même type de câble de bout en bout avec charge H 88 dans les sections d'amplification courtes et B 88 dans les sections de longueur normale. Cette solution a été adoptée pour le câble Dijon—Mulhouse [1] qui est en construction (fig. 16). Remar-

1. C'est également ce système qui est adopté actuellement aux Etats-Unis (Clark, *Bell system* octobre 1932, *Long distance telephone circuits in cables*).

quons au contraire que lorsqu'on choisit, au lieu du fil de 0,9 mm avec charge B 88, le fil de 1,3 mm avec charge légère, les tronçons courts ne permettent aucune économie.

3° *Distances entre stations supérieures à 78 kilomètres.* — Dans ce cas, il n'est pas possible de constituer les circuits à quatre fils en fils de 0,9 mm. La nécessité d'adopter un diamètre supé-

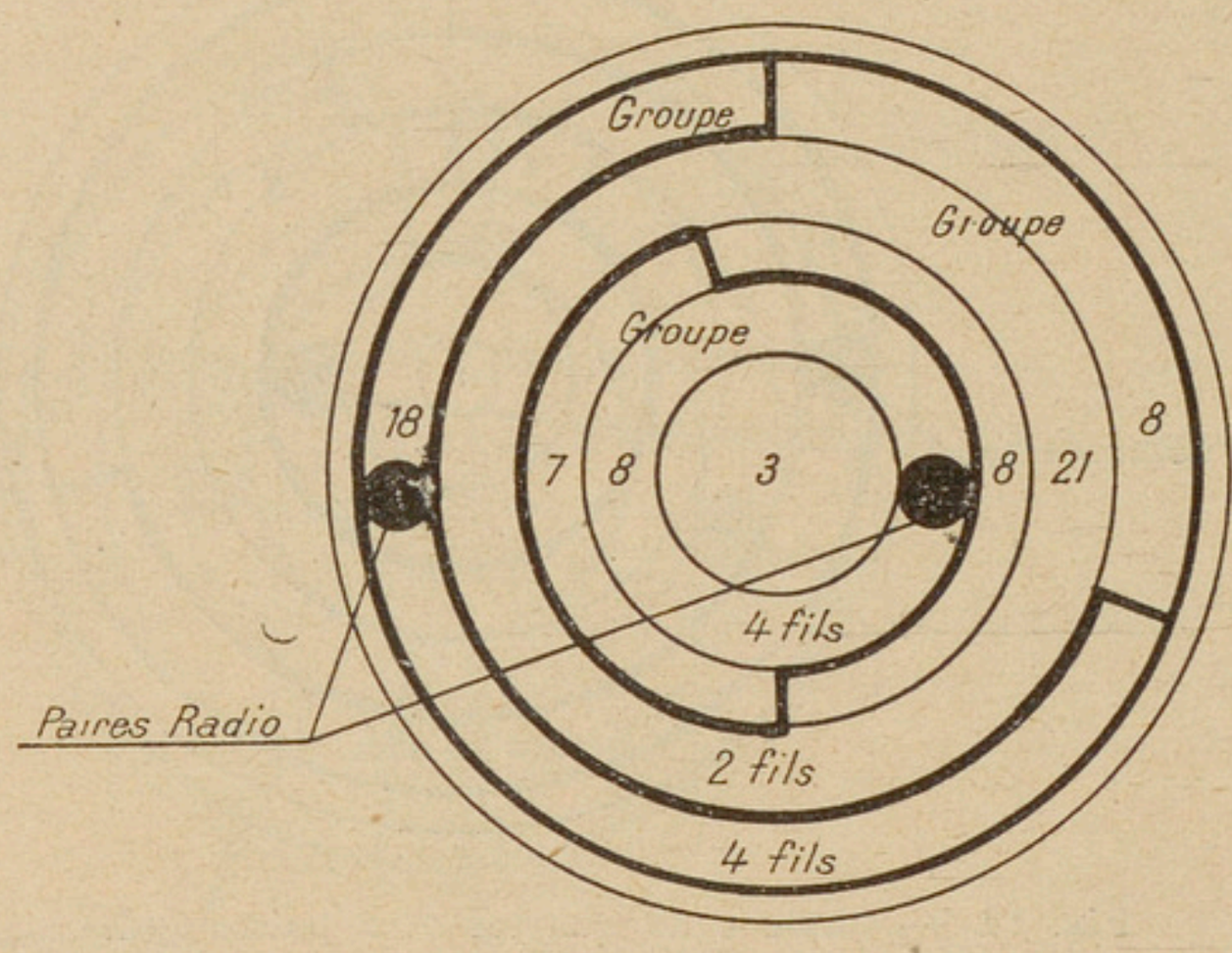


Fig. 15. — Câble à 75 quartes et 2 paires radio.

Quartes en fils de 0,9 mm : type	Vichy-Riom. Boulogne-Calais. Carcassonne-Narbonne.
Quartes en fils de 1,2 mm : type	Toulouse-Carcassonne.

Centre :	3	quartes	0,9 mm	et 1 paire 1,4 mm.	
1re couche :	8	—	—		
2e — :	15	—	—		
3e — :	21	—	—		
4e — :	26	—	—	et 1 paire 1,4 mm.	

La répartition en groupes d'équilibrage est celle du câble Carcassonne-Narbonne.

rieur, sans multiplier les diamètres utilisés et par suite les types de câble, a conduit à choisir dans cette hypothèse le fil de 1,2 mm qui permet, pour les circuits à quatre fils, une portée de 120 kilomètres entre stations. A cause de l'harmonie signalée entre les affaiblissements des charges moyenne et légère et B 88, 120 kilomètres est également la distance maximum entre stations pour les circuits à deux fils de charge moyenne ou B 88. On est conduit alors à adopter un câble homogène en fils de 1,2 mm,

les circuits à quatre fils étant en charge légère, les circuits à deux fils longs en charge B 88 et les circuits à deux fils courts en charge moyenne.

Lorsque la distance entre stations ne dépasse pas 100 kilomètres on peut, sur les circuits à deux fils, faire, comme précédemment, l'économie d'une bobine sur deux en utilisant la charge H 88.

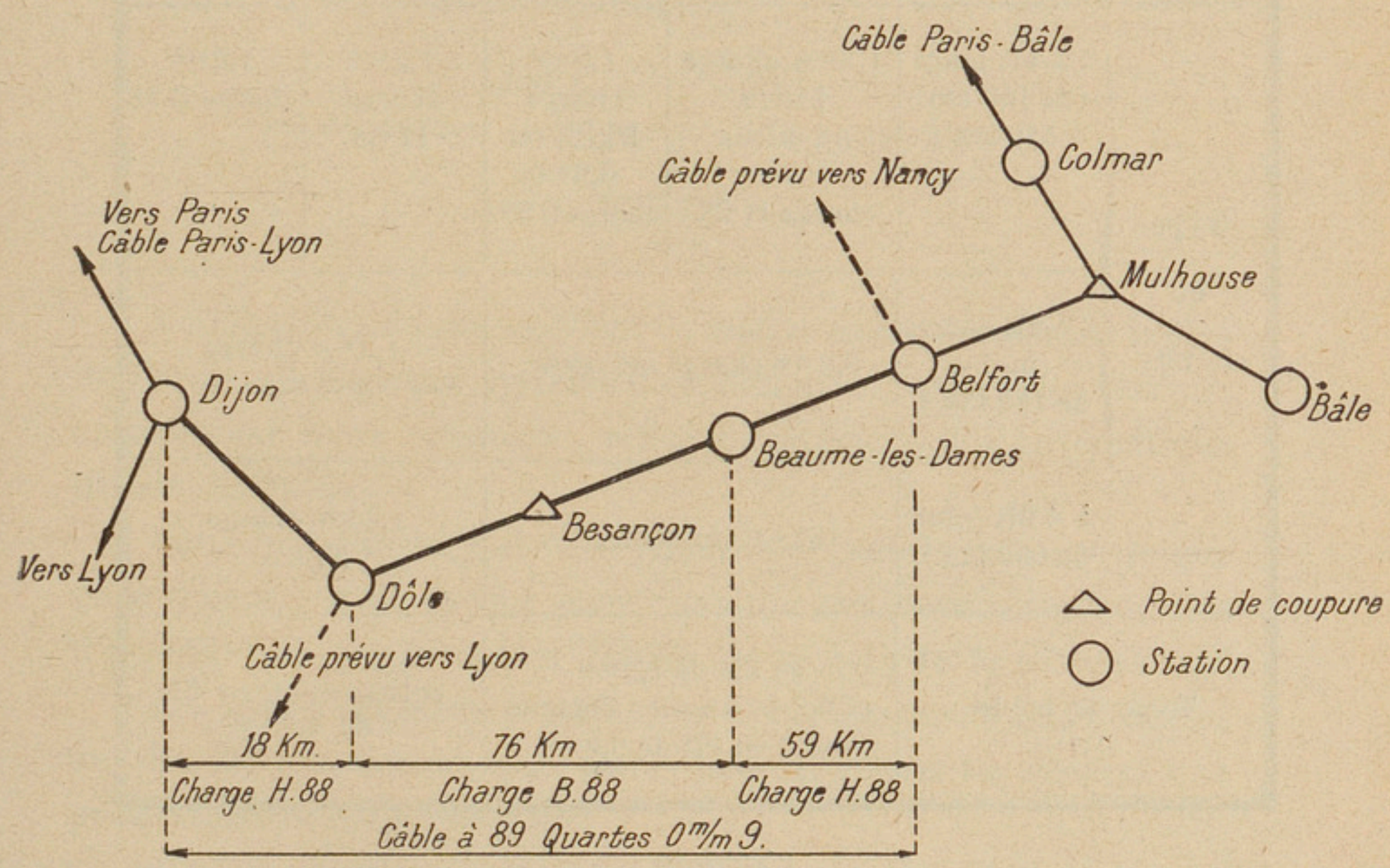


Fig. 16. — Câble Dijon—Mulhouse.

Pour ces espacements, on utilise donc ces câbles homogènes entièrement en fils de 1,2 mm. Deux types sont actuellement utilisés comme modèles normaux : le câble à 89 quartes et le câble à 73 quartes, dont les câblages sont d'ailleurs analogues à ceux des câbles à 89 et 73 quartes en fils de 0,9 mm dont il a été question ci-dessus.

On peut résumer dans le tableau suivant, les règles adoptées actuellement en France pour le choix de la charge, du diamètre du fil et du type de câble.

Les indications, données dans la première colonne sur le type de circuit adopté en fonction de la longueur totale du

circuit, ne sont valables que pour les circuits destinés au trafic terminal. Pour les circuits de transit, il convient de suivre des

		DISTANCE ENTRE STATIONS DE RÉPÉTEURS			
		inférieure à 63 km.	entre 63 et 78 km.	entre 78 et 100 km.	entre 100 et 120 km.
Type de circuits.	à 2 fils longs (de 150 km. à 550 km.).	1,3mm charge légère ou mieux 0.9mm charge H 88.	1,3mm charge légère ou 0,9mm charge B 88.	1,2mm charge H 88	1,2mm charge B 88
	à 2 fils courts (moins de 150 km.).	0,9mm charge moyenne.		1,2mm charge moyenne.	
	à 4 fils (plus de 550 km.).	0,9mm charge légère.		1,2mm charge légère.	
Type de câble.		en fils de 1,3mm et 0,9mm ou bien entièrement en fils de 0,9mm.		entièrement en fils de 1,2mm	

Tableau 3.

règles tout à fait différentes : nous n'aborderons pas cette question.

LE TÉLÉPHONE AUTOMATIQUE EN TUNISIE.

Le service téléphonique permanent pour abonnés ruraux associés,

par E. CROUZET,
chef des services électriques de l'Office postal tunisien.

L'Office postal tunisien vient de mettre en service dans la région de Kledia, un nouveau système de distribution rurale avec abonnés associés sur ligne commune, reliée directement à l'Automatique urbain de Tunis.

Cette installation, qui est certainement pour le moment unique en son genre, a été conçue pour répondre aux conditions spéciales d'exploitation que posent en Tunisie les besoins de la colonisation.

Les colons tunisiens, installés sur des lotissements très étendus, ont été, de tous temps, bien placés pour apprécier les services que peut rendre le téléphone rural.

C'est pour eux un véritable outil de travail, dont ils n'abusent pas, car le temps leur manque en général pour engager des conversations oiseuses, mais qu'ils tiennent à avoir sous la main pour parer aux nombreux imprévus de la vie des champs.

Usant peu du téléphone, il leur faut une installation à un prix abordable, dont les frais d'abonnement et d'entretien ne soient pas eux-mêmes hors de proportion avec les services qu'ils en attendent.

Pour répondre à cette nécessité, l'exploitation téléphonique rurale avait été réalisée en Tunisie depuis une vingtaine d'années, sur la base de la distribution rurale, avec 8 abonnés en dérivation sur une même ligne. Les *Annales des P.T.T.* ont décrit à l'époque ce système, qu'avait créé de toutes pièces M. Barbarat, alors directeur général de l'Office postal. En dépit des difficultés inhérentes à une

exploitation de ce genre, les abonnés associés se sont multipliés et l'Office postal dessert actuellement plus de 600 abonnés de cette catégorie. La Tunisie est donc vraisemblablement le pays qui exploite le plus grand nombre de lignes groupant ainsi jusqu'à huit abonnés sur un même tronc commun.

Est-ce dire qu'avec l'accroissement des réseaux et des dérivations, ce service donne toute satisfaction et qu'il puisse dans l'avenir continuer à se développer sans entraîner de grosses dépenses d'entretien ? Il serait inexact de le prétendre ; mais il faut reconnaître que le téléphone est, dans l'outillage national, un organisme qui doit sans cesse s'adapter aux exigences du public, vaincre les complications de toutes sortes que l'usage seul révèle et éliminer une à une les causes de dérangement les plus fréquentes. De même que l'automobiliste ne connaît plus guère la panne sur route grâce aux perfectionnements continus apportés à la mécanique, de même les usagers du téléphone rural doivent, dans un avenir prochain, pouvoir compter sur l'utilisation régulière de leur appareil.

Le problème à résoudre n'est pas seulement d'ordre technique, on peut toujours, en multipliant les bureaux et en prévoyant des lignes individuelles rattachées à des centres nombreux, établir un programme de téléphonie rurale donnant théoriquement satisfaction, mais il faut voir, dans ce cas, la note à payer pour les frais de premier établissement d'abord, et pour l'entretien d'un réseau complexe ensuite. Il ne suffit donc pas de présenter une solution, il faut encore que cette solution cadre avec le désir primordial de l'abonné rural qui est d'être desservi à peu de frais. Or, pour un usage économique à trafic restreint, il n'y a que le groupe d'abonnés sur ligne commune qui atteigne ce but. Jusqu'à présent ni les party-lines qui existent depuis longtemps en Amérique, ni les abonnés associés tunisiens ne sont commodément adaptables à une exploitation purement automatique et pourtant, comme nous le verrons plus loin, il est relativement facile de concevoir un système tel que rien ne distingue dans les fonctions de signalisation et d'appel un abonné associé d'un abonné ordinaire.

Nous exposerons d'abord les avantages que présenterait un dispositif permettant de desservir automatiquement les abonnés

associés en les mariant même avec des abonnés ordinaires du réseau indistinctement rassemblés dans un nombre restreint de centres automatiques de distribution rurale, mais il importe au préalable de définir d'une façon précise le genre d'automatisme que l'on entend utiliser avec le maximum d'avantage.

On peut concevoir deux sortes d'automatisme : un automatisme intégral, où tous les abonnés d'une région pourraient eux-mêmes appeler tous les autres abonnés de la région, et un automatisme d'appel, c'est-à-dire un semi-automatique interurbain, où les abonnés n'ont pas de cadran et où des opératrices, en très petit nombre, sont outillées pour atteindre automatiquement tous les abonnés répartis dans des centres de moyenne importance judicieusement choisis.

L'automatisme intégral doit être de règle dans les très grandes villes et dans la région suburbaine des grandes villes où les usagers causent beaucoup entre eux, car on peut aisément prévoir un comptage à double et même à triple tarif. Mais pour les grandes distances, il serait vraisemblablement très onéreux d'imaginer des compteurs tenant compte, en toutes circonstances, de la distance et de la durée ; c'est donc seulement l'automatisme d'appel qu'il semble normal de prévoir pour l'ensemble d'un pays.

Si l'on jette un regard sur le passé, on voit que, dans l'exploitation téléphonique, les tendances qui ont toujours prévalu sont celles qui avaient à la base la réduction du nombre des intermédiaires. Tous les progrès accomplis ont eu pour corollaire une facilité plus grande, des moyens plus étendus pour permettre à une seule opératrice d'avoir sous la main tous les abonnés d'un bureau, puis tous les abonnés d'une région et demain tous les abonnés d'un pays. Un système d'abonnés ruraux ne sera donc appelé à un développement certain que s'il se plie d'abord à cette règle absolue de la simplification des liaisons. L'automatisme est à cet effet la seule méthode rationnelle qui offre la possibilité d'atteindre sans délai un abonné quelconque sans déranger les autres, soit que tous les abonnés d'un groupe se trouvent réunis dans un petit central autonome, soit que de préférence tous les abonnés d'une région aboutissent à des centres assez importants pour que les

organes automatiques restent sous la surveillance permanente d'un technicien.

Le seul moyen d'étendre dans ce cas le rayon d'action de ces centres est de prévoir une distribution rurale par lignes communes à une dizaine d'abonnés.

La plupart des hameaux n'ont guére présentement que 3 ou 4 abonnés ; si l'on disposait d'un système d'abonnés associés adaptable sans complication aux installations courantes des automatiques modernes, il deviendrait possible de distribuer le téléphone comme on distribue la lumière, en dérivation sur un tronc commun qui, dans la généralité des cas, pourrait facilement desservir 10 abonnés. Avec une ou deux lignes au maximum par hameau, on réserverait tous les besoins d'extension dans un rayon de 20 kilomètres au moins autour de la sous-préfecture ou du chef-lieu de canton, on n'aurait au plus qu'une seule intermédiaire manuelle par département et, tout compte fait, il serait moins onéreux de desservir 10 abonnés sur un tronc commun de 20 kilomètres, que d'amener par des lignes individuelles de 2 kilomètres en moyenne 10 abonnés au central. Ce serait surtout une méthode qui permettrait de décharger un peu nos artères au voisinage des centres de moyenne importance. Or, l'adaptation à l'automatique des lignes communes à plusieurs abonnés ne présente pas des difficultés insurmontables et on peut en concevoir le fonctionnement sur la base suivante :

Toute ligne de ce genre est commandée au central automatique par un commutateur décimal que nous appellerons le commutateur pilote du groupe d'associés. Celui-ci se trouve intercalé entre les bancs des connecteurs et le tronc commun des associés, sans qu'aucune modification essentielle ne soit nécessaire aux bancs des connecteurs.

Au domicile des abonnés associés, la ligne aboutit aussi à un petit commutateur décimal et, dès qu'un appel venant du central intéresse un abonné du groupe, tous ces commutateurs décimaux suivent fidèlement les impulsions du commutateur pilote de ce groupe et s'immobilisent tous dans la même position que lui. Or, chez chacun des abonnés, la position du commutateur qui donne

la liaison avec la ligne est différente des autres et il n'y a que dans la position qui correspond à son numéro ainsi que dans la position de repos que le poste d'abonné est connecté avec la ligne ; pour toutes les autres positions il est isolé et ne peut ni appeler ni écouter. A chaque position du commutateur pilote de groupe ne correspondra donc que la liaison d'un seul abonné du groupe.

Le commutateur décimal individuel joue ainsi chez l'abonné le même rôle que la roue-code dans le *dispatching system* et assure avee le maximum de simplicité le secret absolu des liaisons. Ce commutateur qui, chez l'abonné, n'a qu'une connexion à réaliser doit évidemment être étudié de façon à n'exiger dans sa rotation qu'une énergie infime ; on pourrait d'ailleurs prévoir un relais et une batterie locale pour l'actionner si, à l'usage, c'était reconnu nécessaire. Placé sous vitre et plombé, cet organe, dont le fonctionnement s'explique de lui-même, servira en même temps de signalisation à l'abonné. Ce dernier pourra entendre sa rotation, voir même par quel abonné la ligne est prise ; il sera aussi prévenu du moment où la conversation prend fin quand le commutateur, obéissant au pilote, continue sa rotation pour revenir au plot de repos.

Pour toutes les autres fonctions, la ligne d'un groupe associé est traitée au central, comme une ligne d'abonné ordinaire. Quant à la numération des abonnés dans les divers groupes d'un automatique, elle peut être elle-même quelconque, puisque le commutateur pilote du groupe détermine seul sur le groupe la position de l'abonné demandé et il peut y avoir par groupe autant d'abonnés qu'il existe de positions différentes en sus de la position de repos sur le type du commutateur choisi ; il suffira donc de rattacher les 10 positions du commutateur pilote aux divers connecteurs intéressés pour que, automatiquement, quel que soit le connecteur en fonction, le commutateur pilote se place exactement à la position unitaire qui correspond à l'appel de l'abonné associé demandé et revienne à la position de repos quand la déconnexion se produit.

Il est bien évident, qu'au central automatique, toutes les fonctions de signalisation sont assurées sur toutes les positions des abonnés d'un groupe dès qu'un seul abonné d'entre eux est en liai-

son, mais cela se conçoit et peut s'obtenir de diverses façons avec assez de facilité.

Cependant si la signalisation d'occupation a lieu sur toutes les positions du groupe, seul le compteur individuel de l'abonné appelant rentre en action au moment où l'abonné appelé répond.

On ne serait pas tenu de desservir dix abonnés sur une même ligne, il faudrait même se garder de le faire, quand on se trouverait en présence d'abonnés ruraux ayant un trafic notable. On doit en effet ne pas perdre de vue le but principal poursuivi dans la création des abonnés associés ruraux : le téléphone constitue pour eux un moyen de secours, appelé à parer à un accident grave, à un oubli désastreux et non pas un luxe d'oisif destiné à engager des conversations incessantes sur une ligne qui n'a que des moyens assez limités, puisqu'elle doit servir à dix usagers. La raison du bon marché consenti n'a du reste pas d'autre motif ; l'administration ne peut admettre un rabais important que pour des usagers occasionnels et parce que, en principe, les abonnés du groupe ne réalisent à eux dix que le trafic normal d'un seul abonné.

On doit donc fixer par exemple à 400 communications par an le trafic maximum d'un associé de groupe de dix et exiger son transfert sur un groupe à cinq abonnés avec tarif plus élevé dès qu'il tend à immobiliser d'une façon trop fréquente le groupe auquel il appartient. Le compteur individuel est là pour dicter à l'administration la politique à suivre vis-à-vis de chaque abonné, car la bonne marche d'un groupe est intimement liée à une discipline rigoureuse dans cette association d'abonnés.

Les conséquences d'une telle conception sont faciles à concevoir. On dessert, sur une ligne qui peut atteindre 30 kilomètres, un nombre d'associés qui peut aller jusqu'à 10, si ces abonnés ne font pas un usage exagéré du téléphone et comme il apparaît possible à la rigueur d'utiliser les circuits combinés, un tronc commun de quatre lignes rurales pourrait alors suffire pour 60 abonnés de cette catégorie, sans exiger aucun satellite intermédiaire.

Les précautions à prendre, pour la construction et l'entretien de ces lignes, sont celles dictées par la longue expérience acquise dans l'exploitation des abonnés associés tunisiens : construction

robuste, armement bien aéré, angles solides et nécessité de pouvoir aisément débrancher en ligne un abonné défectueux. Cette dernière particularité a son intérêt, car il arrive parfois qu'après avoir parcouru une grande distance le monteur chargé d'effectuer la réparation trouve le maître de la maison absent et le poste téléphonique présumé défectueux, inaccessible ; il importe que dans ce cas on puisse facilement isoler un poste qui paralyse les autres.

La généralisation de ce mode d'exploitation rentre tout à fait dans le plan du service permanent universel, puisqu'il n'exige qu'un nombre extrêmement réduit d'opérateurs pour l'établissement des liaisons.

Or, le téléphone est, dans la société moderne, le lien mystérieux qui supprime la distance et économise le temps. Il constitue véritablement le système nerveux des Etats. Encore faut-il que cette liaison ne soit jamais défaillante, qu'à toute heure, qu'en tous lieux, on puisse toujours compter sur la vigilance de ses ramifications. Pour y parvenir, il importe de supprimer toute complication inutile et de n'avoir surtout qu'une seule et même méthode d'exploitation pour l'ensemble des liaisons, méthode qui consiste à réduire le plus possible le nombre des intermédiaires et à atteindre automatiquement tous les usagers avec le minimum de développement de fil.

Il reste maintenant à envisager un mode rationnel de détermination des frais de premier établissement des lignes pour abonnés associés.

La physionomie d'un groupement d'abonnés associés, en Tunisie, est généralement la suivante : Les colons construisent leurs fermes à proximité de la route qui les dessert, ils s'échelonnent ainsi de part et d'autre à la distance de deux à trois kilomètres les uns des autres, car cette distance correspond à peu près à la superficie moyenne des propriétés de 300 à 400 hectares.

Une ligne sur route, avec des branchements particuliers de 500 à 1.500 mètres, distants les uns des autres de deux à trois kilomètres, arrive ainsi à draîner vers le bureau, sur une longueur de 20 à 30 kilomètres, la majorité des colons susceptibles de s'abonner.

S'il fallait construire des lignes individuelles, c'est un développement de 150 kilomètres de circuits qu'il faudrait envisager pour

10 abonnés supposés situés à la distance moyenne de 15 kilomètres, dérivations comprises, d'où une dépense de l'ordre de 300.000 francs.

On peut d'abord envisager de réduire cette dépense en créant un automatique rural ordinaire placé par exemple à 10 kilomètres du bureau, mais il faut alors y ramener tous les abonnés du groupe par des circuits individuels et on n'économise guère que le tronc commun. En outre le groupe automatique rural représente des frais de premier établissement assez élevés et des frais d'entretien plus élevés encore puisqu'il exige une source d'énergie locale qui suppose, soit l'existence d'un secteur d'énergie électrique, soit la charge à distance toujours aléatoire.

L'exploitation en abonnés associés est de beaucoup la plus économique. En effet, la longueur du développement des lignes, toutes choses égales, se réduit à 35 ou 40 kilomètres. Les organes du groupe sont concentrés au centre de réseau sur un tout petit panneau; chez les abonnés enfin la complication et l'encombrement sont réduits à l'extrême ainsi que nous l'avons exposé plus haut ; quant à la dépense, en y comprenant le groupe central et tous les appareils téléphoniques des dix abonnés eux-mêmes, elle est au total de l'ordre de 15.000 francs.

Avec la distribution par tronc commun de dix usagers, on pourrait admettre que, sur le tronc commun, le tarif serait le dixième de la taxe ordinaire et que, sur la dérivation, la ligne de l'associé serait considérée comme une ligne normale, avec les mêmes rayons de tarification forfaitaire. Il en résulterait qu'un abonné associé situé à proximité d'un tronc commun serait desservi, à 30 kilomètres de distance, sur la même base de tarification qu'un abonné normal placé à trois kilomètres du centre automatique. On pourrait calculer les frais de premier établissement sur cette base, majorés le cas échéant de la légère différence de prix de rattachement d'un abonné associé, qui est de l'ordre de 500 francs. En ce qui concerne les taxes d'entretien et d'abonnement, il serait séant de répartir ces frais au prorata du nombre d'abonnés en service sur chaque groupe, étant entendu que l'État ne fait l'avance pour la construction d'un nouveau groupe qu'avec un minimum de quatre contractants.

Il ne s'agit là du reste que d'une adaptation à la réglementation déjà en vigueur dans la Régence.

L'économie du système sur ces lignes exploitées à frais communs est donc particulièrement avantageuse pour le petit consommateur, pour lequel la distance tarifée n'existe pour ainsi dire plus, puisque réduite au dixième.

Si le système envisagé est avantageux pour l'abonné, il n'est pas plus onéreux pour l'État que le régime forfaitaire dans un rayon déterminé. On a en outre l'avantage de ne pas multiplier les lignes, de ne pas surcharger les appuis, et d'obtenir une meilleure utilisation des artères importantes.

On aboutit enfin à donner à une opératrice la faculté d'atteindre commodément et directement non plus tous les abonnés d'une ville, mais tous les abonnés d'une région et en second lieu à relier les régions entre elles, avec le minimum d'intermédiaires. La distribution en associés tend à réaliser ce but, car, étendant sans dépense supplémentaire le rayon d'action des centres automatiques ruraux, elle permet de grouper les abonnés dans un nombre restreint de ces centres, qui deviennent de ce fait plus importants et par conséquent d'une exploitation et d'un entretien beaucoup plus faciles que les tout petits centres ruraux disséminés.

C'est sur des bases générales ainsi définies que la première installation d'abonnés associés exploitée en automatique a été réalisée à Tunis ; il a donc suffi d'exposer d'une façon précise les conditions à remplir pour que le constructeur résolve le problème d'une façon élégante et complète, avec le secret absolu, l'appel dans les deux sens, l'appel dans le même groupe, le comptage multiple et à temps, l'offre des communications interurbaines en cours de conversations, la signalisation des faux appels, etc...

L'installation qui vient d'être mise à l'essai sur la ligne des anciens abonnés associés de Kledia a été réalisée par la société « Le Matériel téléphonique » qui fournissait déjà les organes spéciaux des lignes communes à huit abonnés.

Les abonnés, échelonnés au nombre de dix sur un seul circuit d'une vingtaine de kilomètres, sont tous munis d'un cadran et peuvent appeler n'importe quel abonné du réseau de Tunis, sans aucune

manœuvre spéciale ; en décrochant leur appareil, ils reçoivent, si la ligne est libre, le ton d'envoi comme dans un réseau ordinaire et ils n'ont plus qu'à numéroter pour obtenir la liaison qu'ils désirent, sans être tributaires d'une opératrice. Ils sont ainsi desservis de jour et de nuit comme les abonnés ordinaires de la même ville ; ils peuvent être appelés de même en automatique par les autres abonnés du réseau et il est en outre possible de leur attribuer un numéro quelconque dans l'annuaire, à la condition que, pour chaque abonné du groupe, le chiffre des unités soit différent pour chacun d'eux et qu'ils soient groupés dans la même dizaine.

En marche normale, l'ensemble du circuit est isolé de la terre et par conséquent, particularité qui n'existait pas avec les associés ordinaires, la vérification de la ligne est rendue plus facile. Pratiquement, il suffit d'un isolement de 50.000 ohms pour le fonctionnement correct de tous les postes d'un même groupe.

Les postes d'abonnés sont d'une simplicité extrême et d'un volume très réduit, ils ne comportent aucune batterie auxiliaire ; un seul relais qui fonctionne sous une intensité de 2 à 3 milliampères entraîne un distributeur décimal minuscule et tous ces postes rigoureusement semblables ne diffèrent que par la position d'un ergot déplaçable à volonté.

Les organes essentiels d'un poste d'abonné occupent approximativement l'espace de deux paquets de cigarettes et l'ensemble trouve sa place dans une boîte d'extension petit modèle.

Le secret des conversations est absolu ; seul l'abonné en conversation est branché sur le circuit et, tant que dure la liaison, tous les autres abonnés du groupe sont dans l'impossibilité de se mettre en dérivation.

C'est la société « Le Matériel téléphonique » qui la première a présenté un groupe complet dont le fonctionnement donne déjà toute satisfaction.

Cette question a été également étudiée de très près par la Maison Thomson-Houston, sur les bases qui viennent d'être définies et d'autres types d'appareils très intéressants aussi, répondant aux mêmes désidérata, sont sur le point d'être mis à leur tour à l'essai dans des conditions analogues.

Le problème qui s'est posé en Tunisie pour assurer en tous temps et à peu de frais la sécurité des campagnes est un problème général qui intéressera d'autres régions et d'autres pays, où les communications sont difficiles et les groupes d'habitations également clairsemés.

UTILISATION EN INDOCHINE DE CONDUCTEURS TÉLÉPHONIQUES EN FILS D'ALUMINIUM CABLÉS,

par M. REUFFLET,
ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Dans le numéro des *Annales* de novembre 1932, M. Daumard, ingéneur des P.T.T., a exposé avec précision l'état actuel du problème de l'utilisation de l'aluminium comme conducteur téléphonique.

Alors qu'en France, les essais relatés ont porté sur l'alliage d'aluminium silico-magnésien, l'administration des Postes et Télégraphes indochinoise, suivant en cela l'exemple de quelques entreprises d'énergie électrique, a adopté hardiment pour ses fils télégraphiques à grandes distances le câble d'aluminium pur. Les résultats, comme on le verra plus loin, ont été très satisfaisants.

Voici dans quelles conditions cette administration a été amenée à envisager l'adoption de ce nouveau métal.

Lorsque je suis arrivé en Indochine en 1925, j'ai été frappé par l'usure très rapide des conducteurs en fer situés le long de la côte d'Annam et utilisés pour la liaison télégraphique au Baudot entre Hanoï et Saïgon. L'extrême humidité du climat jointe à l'air salin recouvrait entièrement le conducteur de rouille et le décalibrait en moins de deux ans. Outre les inconvénients mécaniques, l'accroissement de la résistance ohmique devenait préjudiciable au bon fonctionnement du Baudot. Les distances sont en effet importantes : 800 km. entre Hanoï et Tourane, où se trouve la retransmission du quadruple et 950 entre Tourane et Saïgon.

La résistance d'un fil de fer de 5 mm est déjà de 5,9 Ω au kilomètre, et il en résultait pour chacun des deux conducteurs de chaque section une résistance de 6 à 7.000 Ω en tenant compte des résistances

additionnelles. Cette résistance, déjà grande pour permettre un fonctionnement satisfaisant du Baudot, ne pouvait pas, sans inconvénients graves, être accrue par le décalibrage. L'entretien de la ligne, qui consistait presque uniquement dans le remplacement constant de sections usées, coûtait très cher. Je l'évaluais en 1925 à environ 10.000 $ 00 par an (100.000 francs).

En 1927, il fut décidé d'abandonner définitivement le fer pour recourir soit au cuivre soit à l'aluminium. Ce dernier métal était déjà employé dans l'Ouest cochinchinois par les compagnies d'électricité pour leurs transports de force, et cet emploi avait donné toute satisfaction.

La dépense d'achat du métal était en gros *à résistance égale* (2Ω,40 au km. environ) de 300.000 $ 00 (3 millions) pour le cuivre et 200.000 $ 00 (2 millions) pour l'aluminium.

Pour obtenir une résistance mécanique plus grande, à égalité de diamètre, le choix se porta sur un câble toronné à 3 brins.

Ce câble fut commandé en octobre 1928 à l'Allemagne au titre des prestations en nature.

Ses caractéristiques étaient les suivantes : (Dans un but de comparaison celles du fil de cuivre de 3 mm. ont été placées en dessous).

	DIAMÈTRE du brin.	DIAMÈTRE du câble.	RÉSISTANCE mécanique de rupture.	RÉSISTANCE électrique à 0°.	COEFFICIENT de dilatation linéaire.
Câble à 3 brins en aluminium pur	2,26 mm	4,96 mm	269 kg.	2,38Ω	23-10−6
Fil de cuivre.....		3 mm	300 —	2,36Ω	17-10−6

On constate, en examinant ce tableau, que les caractéristiques mécaniques et électriques du câble d'aluminium choisi et du fil de cuivre de 3 mm sont très voisines. Par contre, son coefficient de dilatation linéaire est nettement plus élevé.

La liaison des couronnes est assurée par des manchons à rivets qui donnent un contact aussi parfait que possible.

Le câble parvint à la colonie en excellent état, au début de l'année 1929, et fut immédiatement utilisé pour remplacer les sections usées en fil de fer sur les lignes dont les appuis étaient suffisamment résistants et espacés de 50 mètres au plus. En 1929, il fut ainsi posé plus de mille kilomètres de câble d'aluminium. En 1930, 1931, 1932, six cents kilomètres de câble environ furent posées au fur et à mesure des reconstructions de la ligne ; ces reconstructions ont été en effet prévues sur les fonds de l'emprunt colonial sur la presque totalité du parcours.

Les appuis sont, soit en ciment armé, avec armement en traverses Lorain, soit en fers à T de 100 mm sur 80 mm armé en consoles ou en traverses Lorain (suivant la capacité de la ligne). Le bois n'est utilisé en Indochine que pour les appuis en montagne, en raison de la mauvaise qualité des essences.

Précautions de pose. Les chefs d'équipe s'habituèrent très vite à la pose un peu délicate de ces câbles. Ils parvinrent à faire des liaisons au manchon, après décapage préalable, sans résistance ohmique appréciable.

La tension est donnée au dynamomètre, suivant la température d'après une table qui leur est fournie au départ.

Le câble est arrêté sur tous les appuis au moyen de ligatures analogues à celles indiquées dans l'article de M. Daumard et faites *avec des brins du câble lui-même.* Ce point est très important, en raison des couples électrolytiques développés par tout contact de l'aluminium, soit avec un autre métal, soit avec un de ses alliages, soit même avec une autre forme cristallographique du métal lui-même.

Les câbles furent posés en dessous des fils de cuivre ; ces derniers furent légèrement détendus en dessous de la valeur normale de tension, pour rendre les flèches plus voisines. Les fils de fer des lignes télégraphiques secondaires posés sur l'autre moitié de la nappe conservèrent leur tension. L'aspect de la nappe est évidemment moins régulier, mais aucun dérangement par mélange ne fut relevé après les revisions de stabilisation qui ont suivi les constructions neuves.

Résultats obtenus. Les résultats furent entièrement satisfaisants.

Sur le câble posé en 1929 entre Saïgon et Dalat, où il existe encore des portées de 60 mètres, deux ruptures seulement furent constatées, et elles étaient certainement dues à un excès de tension donnée par une équipe encore inexpérimentée.

Pour les câbles posés en 1930, 1931 et 1932 sur les nouvelles lignes à forts appuis, et à portées maxima de 50 mètres, aucune rupture imputable au métal même ne fut constatée et le fonctionnement du Baudot entre Hancï et Saïgon. fut grandement amélioré par la diminution de la résistance ohmique. Cette amélioration ira toujours en s'accroissant au fur et à mesure du développement des câbles posés.

Conclusion. Si les résultats obtenus paraissent en contradiction avec ceux provenant des essais relatés par M. Daumard, je crois qu'on peut expliquer ces différences de la manière suivante :

Les inconvénients constatés en France sur les conducteurs en alliage d'aluminium silico-magnésien sont en somme de trois sortes :

1° Ruptures brutales attribuées au travail moléculaire et surtout à des défauts de fabrication des fils.

2° Usures du conducteur sur les colliers des isolateurs où il n'est pas arrêté. Les usures sont dues au frottement du métal sur son collier et sur l'isolateur, par le balancement provoqué par le vent.

3° Usures du conducteur à toutes les ligatures dues au couple électrolytique formé entre l'alliage et le fil réunis.

Les ruptures du parag. 1 sont beaucoup plus rares avec un câble à trois brins qu'avec un fil de même diamètre, il y a en effet une très faible probabilité pour qu'un défaut de fabrication se rencontre dans les trois brins dans un même plan de section droite. Il en est de même du travail moléculaire, chaque brin travaillant isolément.

Celles du parag. 2 sont également moins fréquentes avec le câble. Les vibrations sous l'action du vent sont en effet, toutes autres choses égales, beaucoup moindres avec le câble qu'avec le fil. L'arrêt obligatoire avec tous les appuis, qui est pratiqué en Indochine comme l'a indiqué M. Daumard dans son article, réduit d'ailleurs la probabilité de rupture de ce fait à un chiffre extrêmement faible.

Quant à la dernière cause, une des plus importantes, elle a été

supprimée par l'emploi, en Indochine, des brins du câble lui-même, suffisamment souples pour effectuer les ligatures. Aucune détérioration par formation de couple électrolytique n'a été constatée.

En terminant, il convient de signaler que l'utilisation des conducteurs d'aluminium est grandement facilitée en Indochine par les écarts relativement faibles (sauf en altitude) entre les maxima et les minima annuels de température (environ 20° dans le Nord et 10° dans le Sud), alors qu'en France ces écarts peuvent atteindre 40° et plus. Les perturbations provoquées par le coefficient de dilatation élevé du métal sont ainsi très réduites.

Il semble d'autre part que l'aluminium pur soit moins sujet que l'alliage silico-magnésien, aux modifications cristallographiques qui, d'après l'opinion de M. Daumard, seraient également une cause de rupture brusque.

LOCALISATION ET RELÈVE D'UN IMPORTANT DÉFAUT DE DIAPHONIE

de réel à réel sur le câble anglo-belge de 1926. (1)

A la suite d'une réparation défectueuse, une diaphonie importante apparut entre deux circuits du câble téléphonique sous-marin anglo-belge, posé en 1926 : pour localiser ce défaut, les ingénieurs britanniques employèrent une méthode extrêmement ingénieuse ; l'ingénieur en chef du service de recherches du Post Office Britannique a bien voulu autoriser la rédaction des Annales *à publier le compte rendu de ces essais de localisation.*

Pendant les essais de diaphonie qui furent effectués de bout en bout après la réparation de septembre 1932, on constata qu'il existait de la diaphonie de réel à réel sur la quarte 3/4 (Rapport n° 7862). En se servant d'un ronfleur à lame vibrante comme source, on trouva 1500 millionièmes (56,5 db) comme valeur de la diaphonie à l'émission mesurée à Canterbury et 370 millionièmes (68,5 db) comme valeur de la diaphonie à la réception mesurée à La Panne. Une circonstance favorable pour la localisation et la relève de ce défaut se présenta à l'occasion des opérations de pose du câble anglo-belge 1933.

Essais de localisation à Canterbury. — On releva d'abord une courbe impédance/fréquence relative à une des paires impliquée dans le défaut (paire n° 3). D'après cette courbe, on conclut avec évidence que cette méthode ne pouvait permettre la localisation bien qu'elle fournit ultérieurement une comparaison intéressante avec les courbes obtenues après la relève du défaut (fig. 4). On mesura alors la diaphonie entre les circuits réels en question à diverses fréquences s'étendant de 600 à 3500 p : s et on trouva que la valeur

1 Traduction du *Research report*, n° 7913, décembre 1932.

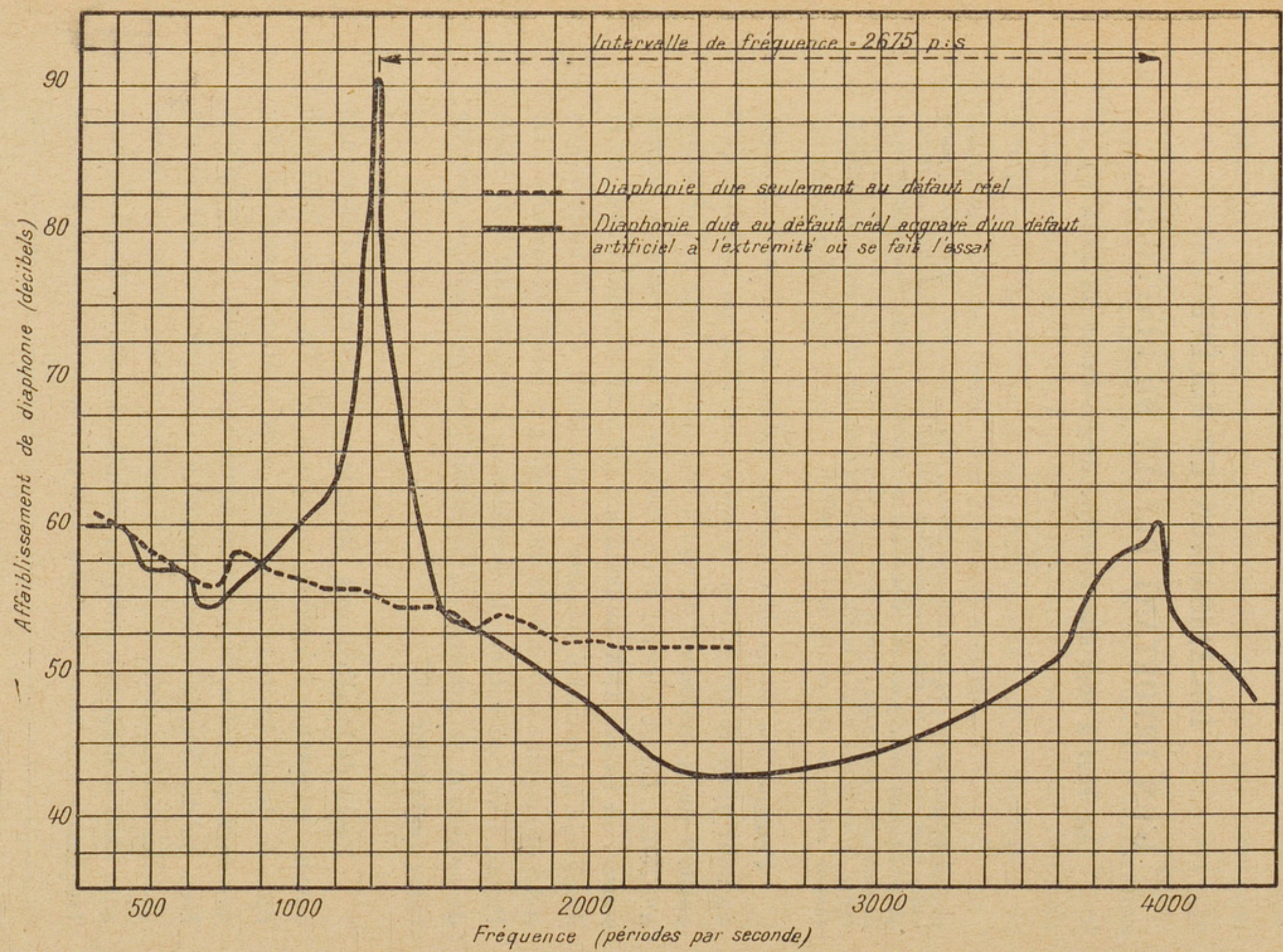


Fig. 1. — Diaphonie à l'émission de réel à réel en fonction de la fréquence, mesurée à Canterbury.

Fréquence (périodes par seconde)

Fig. 1. — Diaphonie à l'émission de réel à réel en fonction de la fréquence, mesurée à Canterbury.

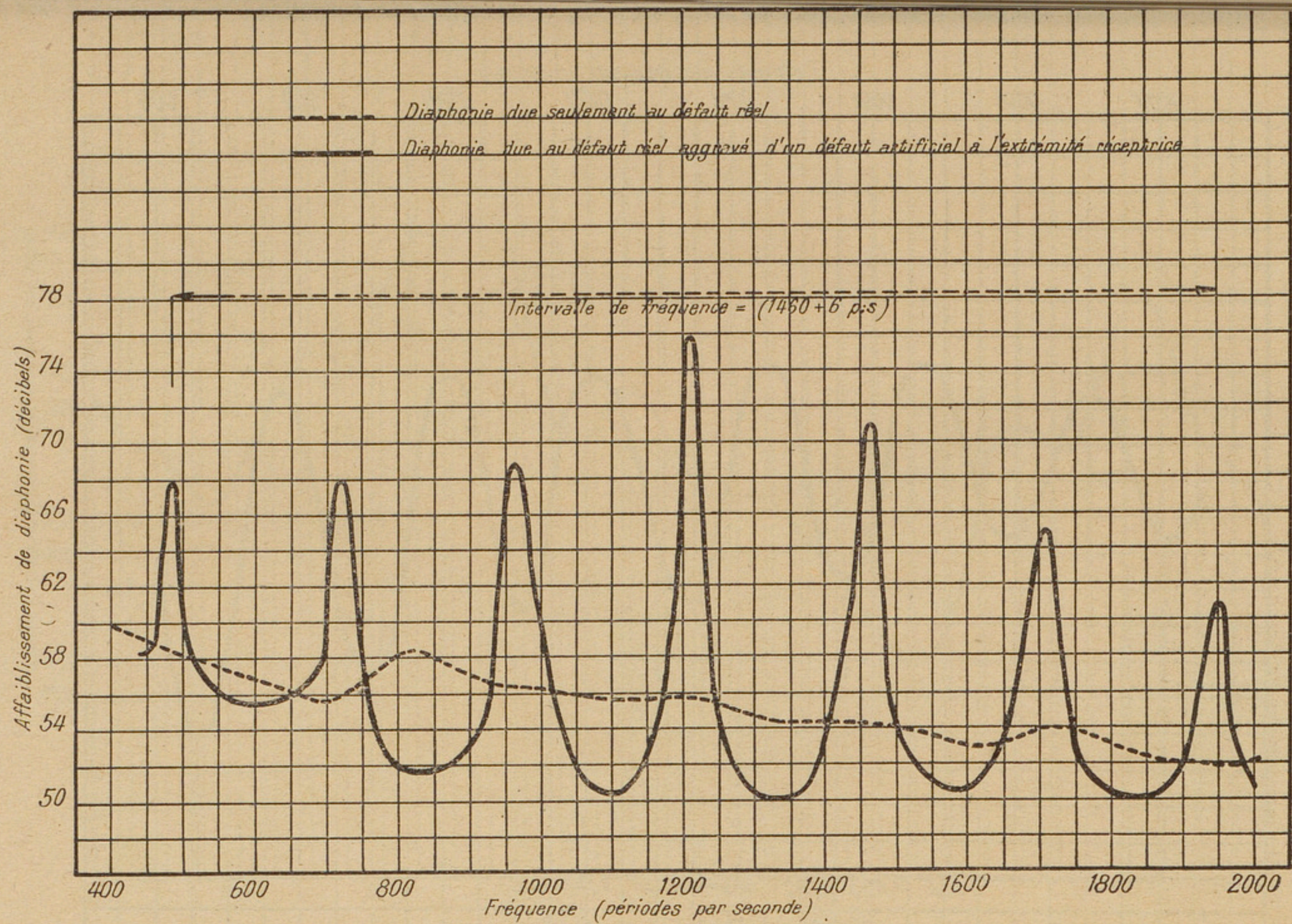


Fig. 2. — Diaphonie de réel à réel à l'émission en fonction de la fréquence, mesurée à Canterbury.

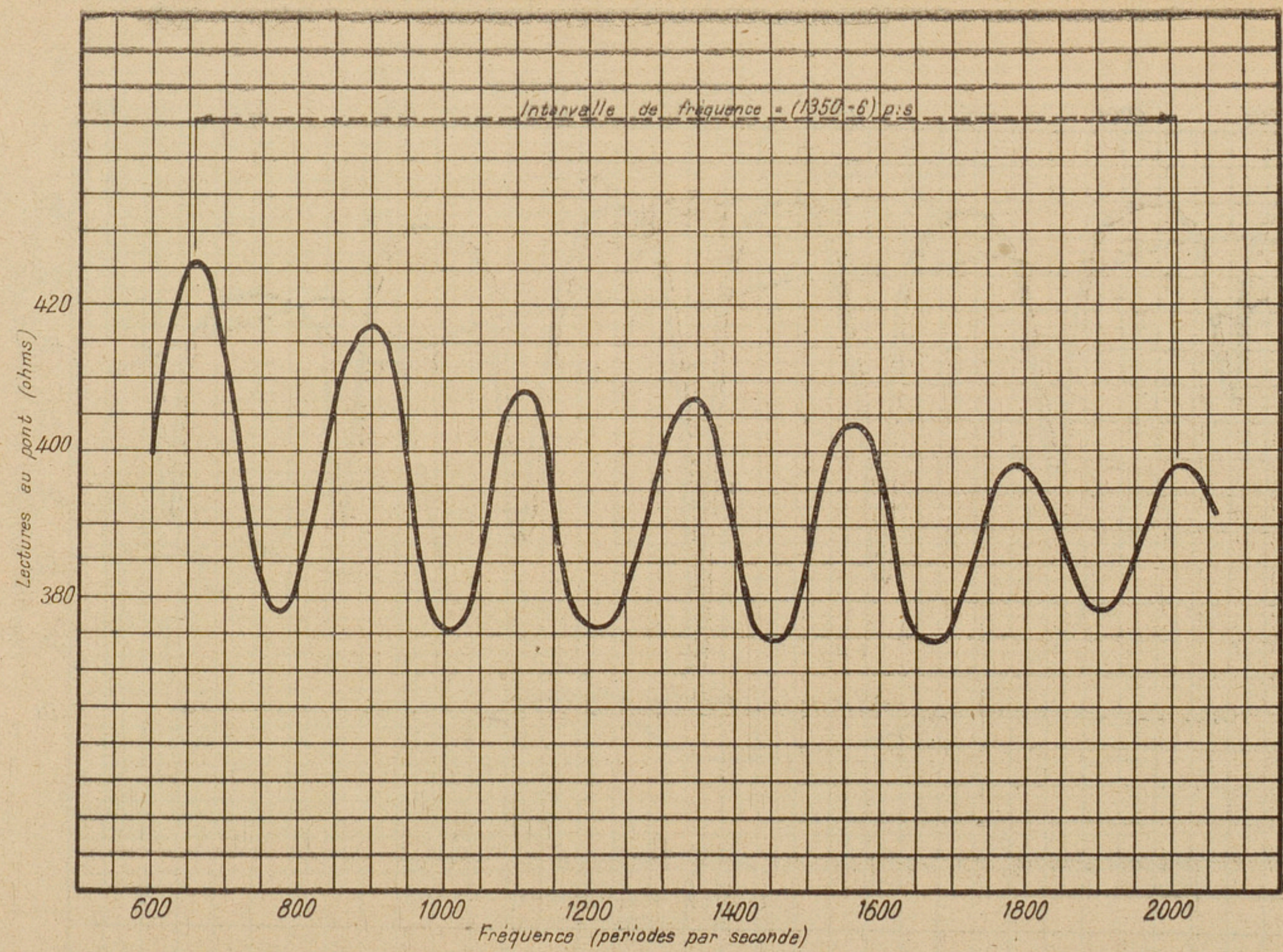


Fig. 3. — Courbe de l'impédance en fonction de la fréquence tracée en vue d'obtenir la constante pour la localisation,

Fréquence (périodes par seconde)

Fig. 3. — Courbe de l'impédance en fonction de la fréquence tracée en vue d'obtenir la constante pour la localisation.

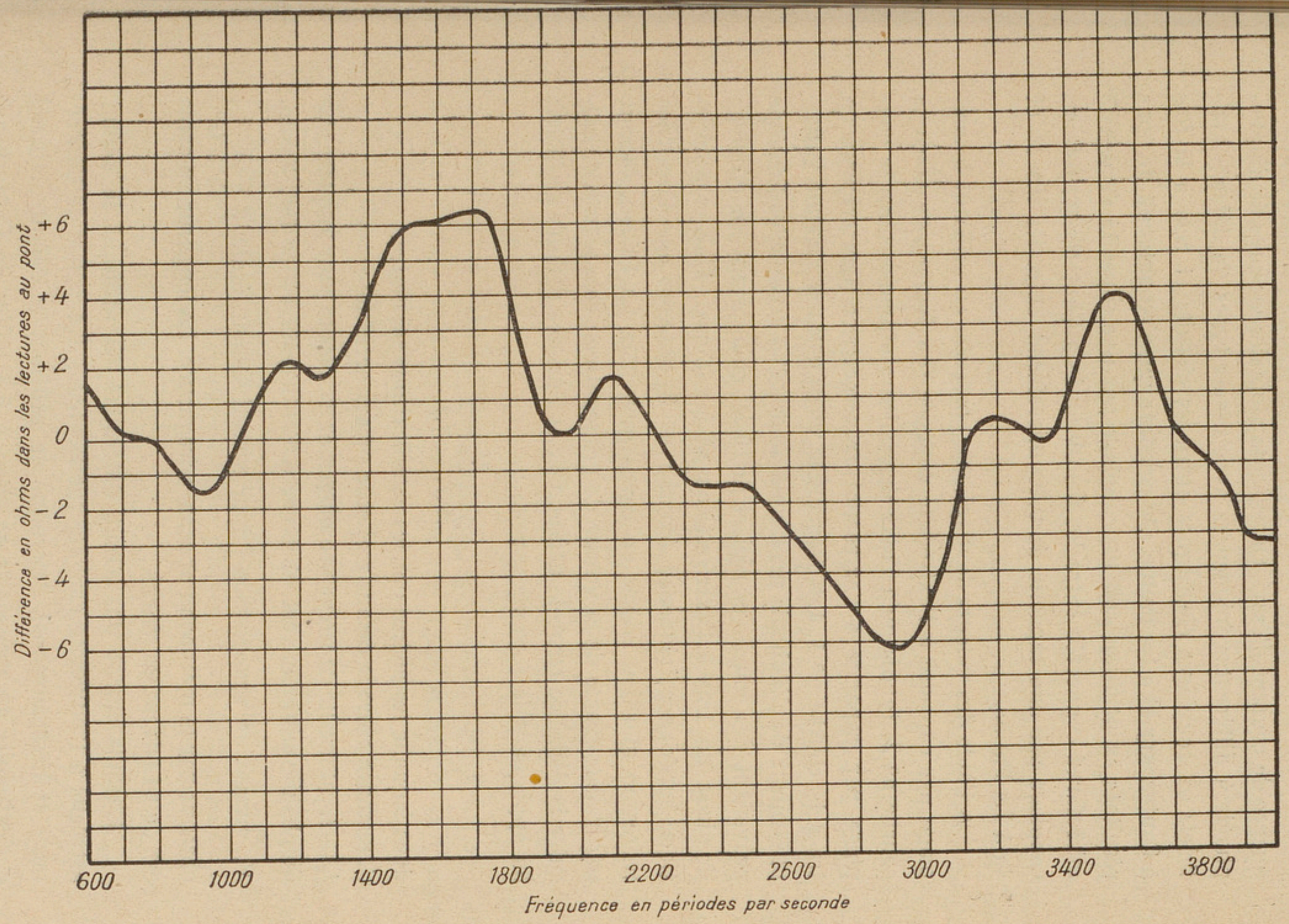


Fig. 4. — Impédance en fonction de la fréquence ; différences entre les caractéristiques avant et après la réparation, mesures effectuées à Canterbury.

en millionièmes augmentait en même temps qu'on élevait la fréquence de courant d'essai. On exécuta alors des mesures de diaphophonie à différentes fréquences avec divers types de défauts artificiels ou couplages électriques entre les circuits et cela à la fois à Canterbury et à La Panne. On constata que l'on obtenait de bons résultats en utilisant soit un couplage par une capacité de 0,0032 microfarad connectée entre les fils 3b et 4a à Canterbury, soit un couplage par une capacité de 0,26 microfarad entre les fils 3a et 4a à La Panne.

A l'aide des valeurs de diaphonie observées en utilisant le couplage par capacité à l'extrémité éloignée (La Panne), on traça la courbe n° 2, tandis qu'à l'aide des valeurs obtenues avec le couplage par capacité à l'extrémité transmettrice (Canterbury), on traça la courbe n° 1. Les fréquences auxquelles se produit l'affaiblissement de diaphonie maximum sont celles auxquelles l'énergie provenant des couplages réel et artificiel comportent un décalage de phase de 180° à l'extrémité où se fait l'essai. Une caractéristique impédance/fréquence (courbe n° 3) obtenue sur l'une des paires en question laissée en circuit ouvert à La Panne, fournit une valeur exacte de la vitesse de propagation ; cela permit de calculer la distance entre le défaut réel et l'un des défauts artificiels en appliquant la formule usuelle :

$$d = \frac{V}{2\,(f_2 - f_1)}$$

dans laquelle les lettres ont les significations suivantes :

d, distance entre le défaut réel et le défaut artificiel ;

$f_2 - f_1$ intervalle de fréquence moyen entre points pour lesquels une diaphonie minimum est observée à l'extrémité où se fait l'essai.

V, vitesse de propagation $\left(\text{approximativement égale à } \frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$ obtenue par la méthode impédance-fréquence. La longueur du câble est de 64,634 milles marins.

L'emplacement du défaut déterminé en utilisant le défaut artificiel à l'extrémité éloignée fut localisé à 6,4 milles de Canterbury et l'emplacement déterminé en utilisant le défaut artificiel à l'extrémité transmettrice se situa à 6,3 milles de Canterbury.

La nature du défaut était telle que sa cause la plus vraisemblable paraissait devoir être attribuée à un déséquilibre de capacité de fil à fil (p—q).

Relève du défaut à Upstreet. — En avril 1931, on inséra à Upstreet une longueur de réparation de 177 yards. La distance au joint le plus proche s'élevait à 6,659 milles et comme il était à présumer que le défaut devait être causé par ce fait que, dans la quarte en question, les deux fils de chaque paire étaient séparés sur une courte distance, on décida d'ouvrir ce joint. Un calcul de la valeur de la diaphonie à l'émission et à la réception à laquelle on pouvait s'attendre de ce fait, en prenant en considération l'affaiblissement de la ligne, vint à l'appui de cette décision. Le joint ayant été ouvert, on constata que les fils b et d de la quarte en question étaient permutés ; en ouvrant le joint suivant on constata que ces mêmes fils étaient à nouveau permutés de sorte que les deux fils de chaque paire, séparés sur une longueur de 177 yards, occupaient sur tout le reste du câble leurs positions initiales normales. On doit faire remarquer que, dans le câble anglo-belge de 1926, les quartes sont formées par une paire, a, b, rouge et blanc et une paire c, d, bleu et blanc et il n'existe d'autre moyen de distinguer les fils blancs de chaque paire que de noter leur position respective dans la quarte. On effectua dans les deux joints le changement des fils b et d et l'on mesura de nouveau la diaphonie d'une extrémité à l'autre.

Conclusions. — La diaphonie à l'émission mesurée à Canterbury est maintenant de 80 millionièmes (81db) et la diaphonie à la réception mesurée à La Panne est de 20 millionièmes (92 db). La méthode de localisation par des mesures de diaphonie à différentes fréquences s'est montrée simple, efficace et applicable au type de défaut considéré.

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

RELATION ENTRE L'ÉQUIVALENT ET L'AFFAIBLISSEMENT,

à 800 périodes par seconde, d'une ligne téléphonique homogène,

par R. BIGORGNE, P. MARZIN et J. MEYER,
ingénieurs des Postes et Télégraphes

Les services chargés de la maintenance des circuits téléphoniques régionaux disposent d'un matériel simple qui leur permet de mesurer les équivalents (c'est-à-dire les affaiblissements effectifs sur 600 ohms à 800 p : s) des liaisons téléphoniques.

Dans le cas d'une liaison téléphonique complexe, constituée par un certain nombre de lignes de caractéristiques diverses placées bout à bout, l'équivalent résultant est une fonction compliquée de ces caractéristiques : une méthode permettant de calculer cet affaiblissement effectif, par des procédés relativement simples, a été indiquée antérieurement dans les *Annales* (Calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison téléphonique complexe, août 1933).

Dans le cas où la liaison téléphonique considérée est constituée par une simple ligne homogène, la relation qui lie l'équivalent B à l'affaiblissement b prend la forme suivante (voir Annexe I) :

$$B = b + \log_e \left| \frac{\frac{Z}{600} + \frac{600}{Z} + 2}{4} \right| + \log_e \left| 1 - e^{-2g} \frac{\frac{Z}{600} + \frac{600}{Z} - 2}{\frac{Z}{600} + \frac{600}{Z} + 2} \right|, \quad (1)$$

Z désignant l'impédance caractéristique et $g = b + ja$ désignant l'exposant de propagation de la ligne, à la fréquence de 800 p : s.

Il est utile de connaître approximativement, pour chaque type

de ligne, la correspondance entre les valeurs de B et les valeurs de b : l'équivalent B et l'affaiblissement b, mesurés à la fréquence de 800 p : s, présentent en effet, pour certains types de ligne, des écarts considérables. A l'issue d'une mesure d'équivalent effectuée sur une ligne, il est bon de pouvoir vérifier que le nombre B trouvé correspond bien à la constitution de la ligne, c'est-à-dire à son affaiblissement b obtenu en multipliant l'affaiblissement linéique β par la longueur.

Les courbes annexées à la présente étude représentent, pour chacun des principaux types des lignes qu'on peut rencontrer sur la liaison raccordant un abonné à son centre de distribution, la variation de l'équivalent B en fonction de l'affaiblissement b. On a indiqué d'autre part, pour chaque type de ligne, les valeurs de l'impédance caractéristique et de l'exposant de propagation par kilomètre (exposant d'affaiblissement β et exposant de déphasage α par kilomètre : $\gamma = \beta + j\alpha$) correspondant à une température de 15 degrés et à un temps sec.

Ces courbes et ces nombres ont été obtenus de la façon suivante : l'impédance caractéristique et l'exposant de propagation par kilomètre ont été déduits de mesures d'impédance effectuées sur des longueurs variables de chaque type de ligne. Comme l'impédance caractéristique et la constante de propagation varient assez notablement quand on passe d'une ligne à une autre ligne de même type, les nombres donnés ici représentent des valeurs moyennes ; en pratique, les valeurs vraies s'écartent rarement de ces valeurs moyennes de plus de :

$\pm$ 5 % pour le module de l'impédance caractéristique ;

$\pm$ 5 % pour la constante d'affaiblissement ou pour la constante de déphasage.

D'autre part, on a mesuré, par une méthode directe, la variation de l'équivalent B en fonction de la longueur c'est-à-dire, la constante d'affaiblissement β étant connue, en fonction de b. On a vérifié dans chaque cas que la courbe trouvée coïncide avec la courbe d'équation (1) (Voir Annexe 1).

Les différents types de lignes soumises aux essais sont indiqués ci-dessous :

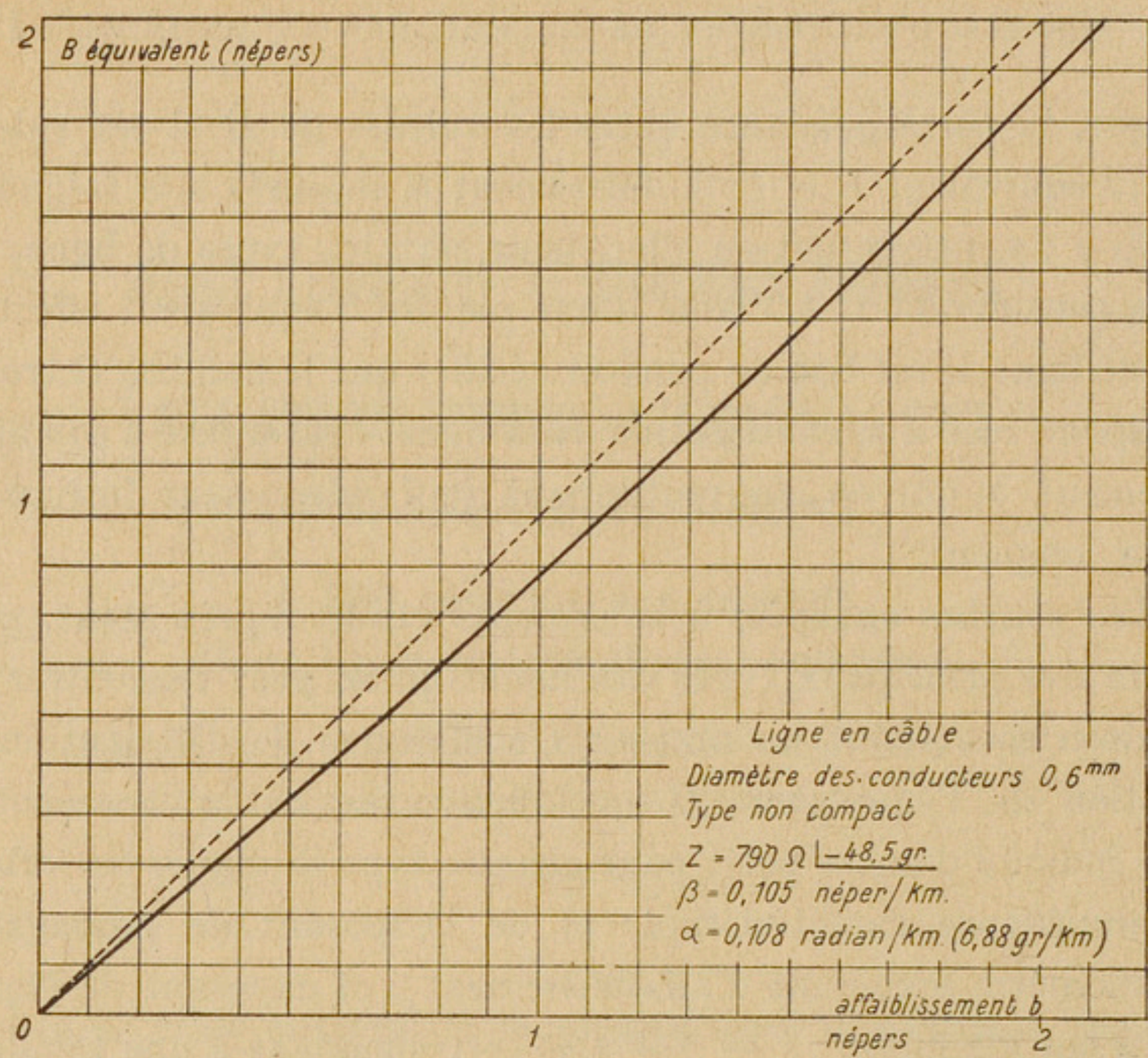

2
B équivalent (népers)
1
0
1
2
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 0,6 mm
Type non compact
Z = 790 Ω ∟-48,5 gr.
β = 0,105 néper/Km.
α = 0,108 radian/Km (6,88 gr/Km)
affaiblissement b
népers

Fig. 1.

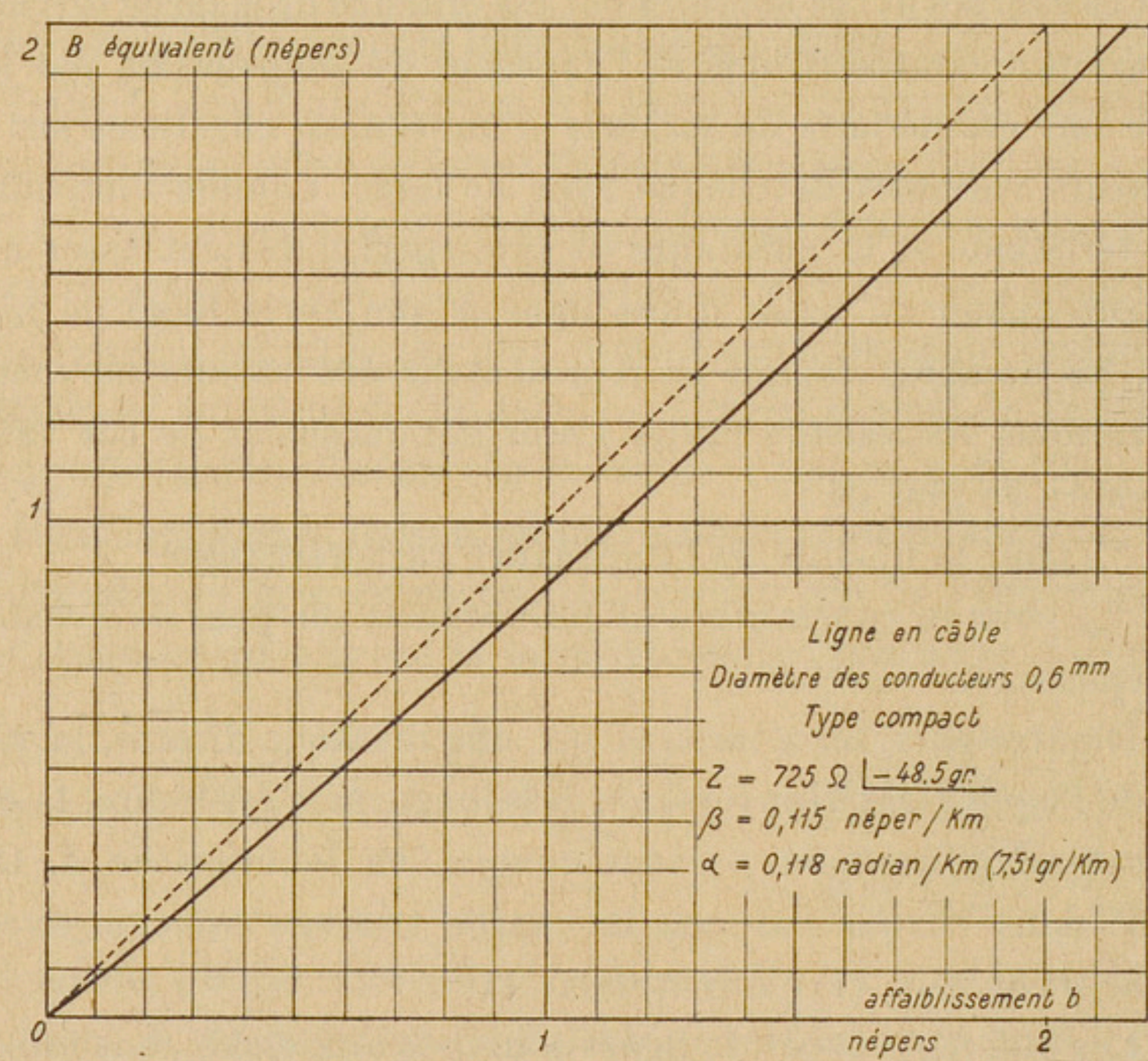

2
B équivalent (népers)
1
0
1
2
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 0,6 mm
Type compact
Z = 725 Ω ∟-48,5 gr.
β = 0,115 néper/Km
α = 0,118 radian/Km (7,51 gr/Km)
affaiblissement b
népers

Fig. 2.

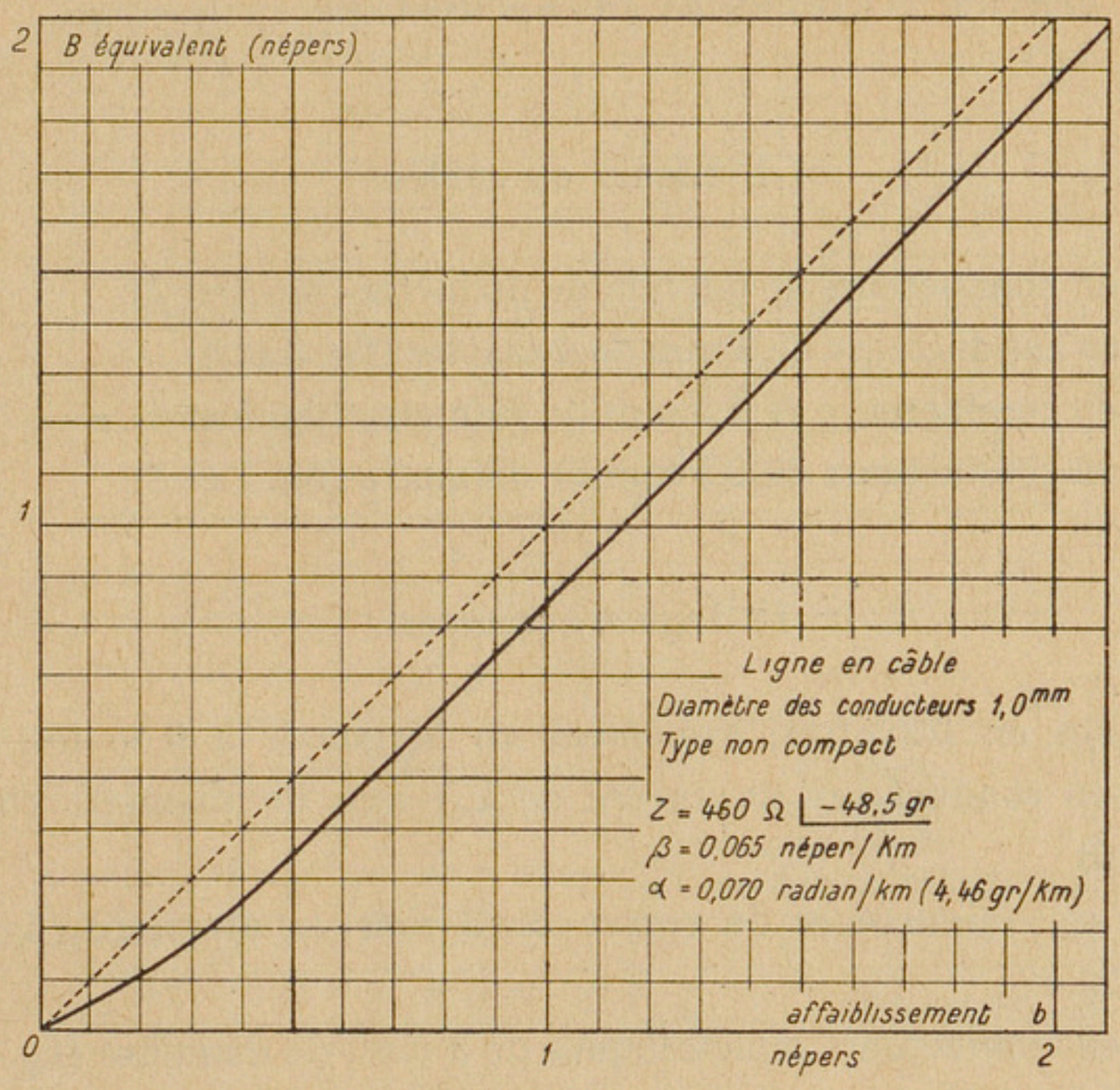

2
B équivalent (népers)
1
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 1,0mm
Type non compact
Z = 460 Ω ∟ -48,5 gr
β = 0,065 néper / Km
α = 0,070 radian / km (4,46 gr/Km)
affaiblissement b
0
1
népers
2

Fig. 3.

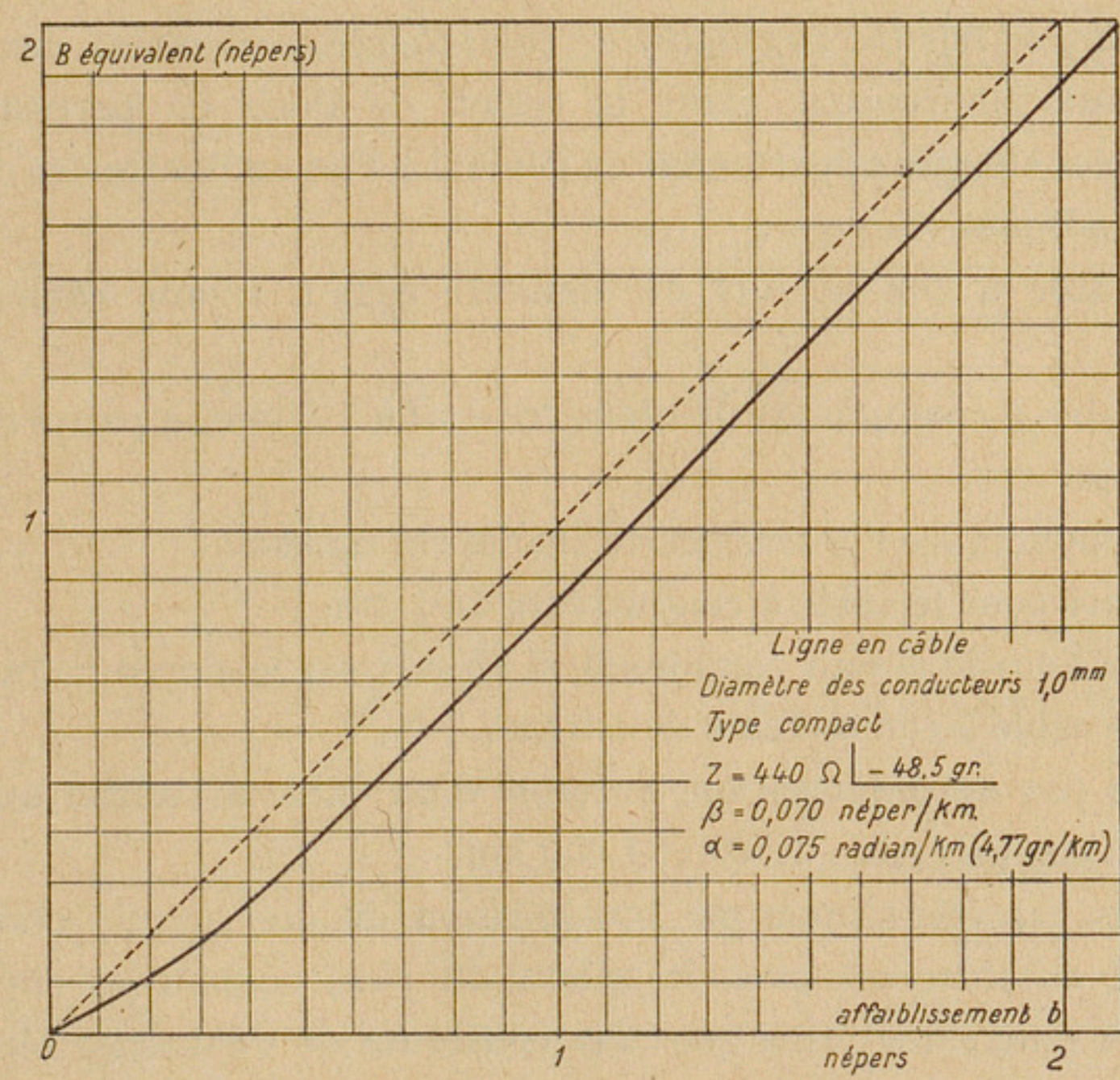

2
B équivalent (népers)
1
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 1,0mm
Type compact
Z = 440 Ω ∟ -48,5 gr.
β = 0,070 néper / Km.
α = 0,075 radian / Km (4,77 gr/Km)
affaiblissement b
0
1
népers
2

Fig. 4.

I. Lignes en câbles.

Câble en conducteurs de 0,6 mm de diamètre (fig. 1 et 2).
Câble en conducteurs de 1 mm de diamètre (fig. 3 et 4).
Câble en conducteurs de 1,5 mm de diamètre (fig. 5 et 6).
Câble en conducteurs de 2,5 mm de diamètre (fig. 7 et 8).

II. Lignes aériennes.

(Lignes en traverses, armement en diagonale à 0,30 m.).

Ligne en conducteurs de cuivre de 2,5 mm de diamètre (fig. 9 et 10).

Ligne en conducteurs de cuivre de 3 mm de diamètre (fig. 11 et 12).

Ligne en conducteurs bimétalliques de 3 mm. de diamètre (fig. 13).

Ligne en conducteurs de bronze de 1,5 mm de diamètre (fig. 14).

Ligne en conducteur de bronze de 1,1 mm de diamètre (fig. 15).

Remarque relative aux lignes en câble chargé. — Certains circuits régionaux empruntent (dans la région de Paris en particulier) des câbles chargés appartenant en général à l'un ou l'autre des deux types indiqués ci-après :

1° Câble à conducteurs de diamètre égal à 1 mm, câblés en étoile.

2° Câble à conducteurs de diamètre égal à 1,5 mm, à paires combinables.

L'inductance des bobines de charge est égale à :

44 mH pour le câble à conducteurs de 1 mm ;

44 mH sur le circuit combinant et 25 mH sur le circuit combiné, pour le câble à conducteurs de 1,5 mm.

Le pas de pupinisation, variable d'un câble à l'autre, est en général compris entre 1,500 et 1,850 km.

Les caractéristiques de transmission de ces circuits chargés varient notablement avec la valeur du pas ; comme les circuits chargés sont caractérisés par une constante de déphasage élevée, la courbe représentant les variations de l'équivalent B en fonction

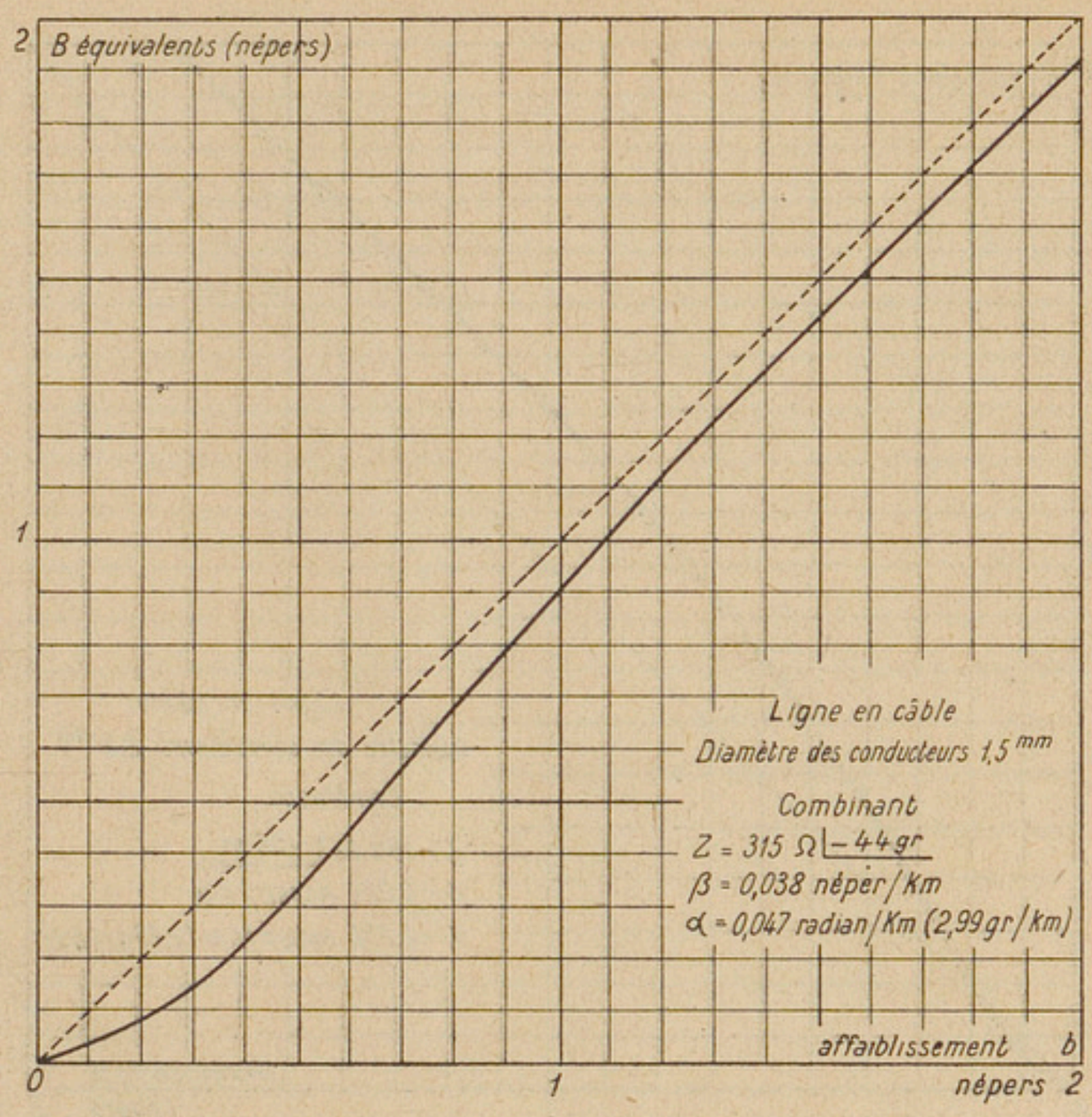

2
B équivalents (népers)
1
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 1,5 mm
Combinant
Z = 315 Ω ∟-44 gr
β = 0,038 néper/Km
α = 0,047 radian/Km (2,99 gr/km)
affaiblissement b
0
1
népers 2

Fig. 5.

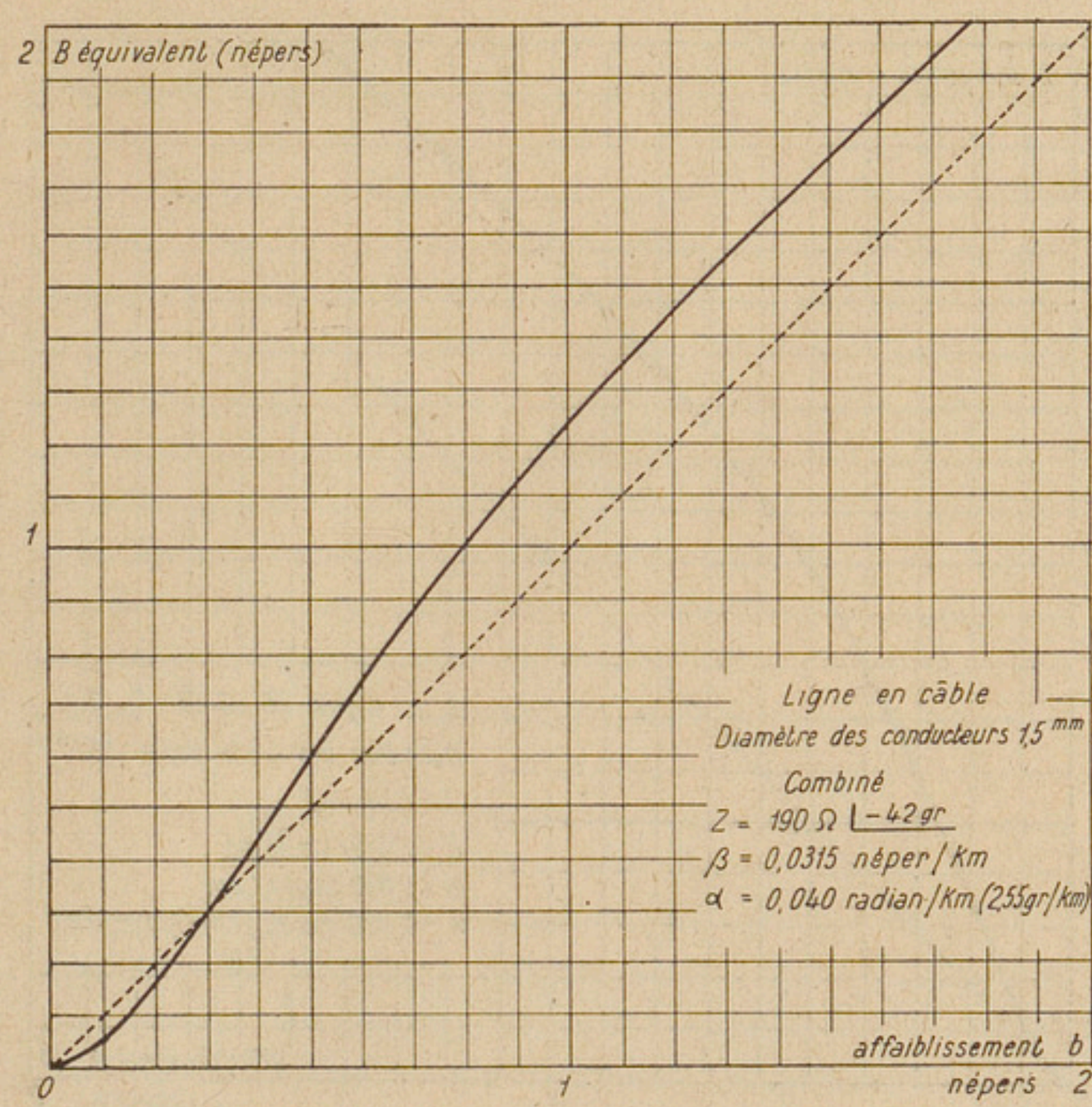

2
B équivalent (népers)
1
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 1,5 mm
Combiné
Z = 190 Ω ∟-42 gr
β = 0,0315 néper/Km
α = 0,040 radian/Km (2,55 gr/km)
affaiblissement b
0
1
népers 2

Fig. 6.

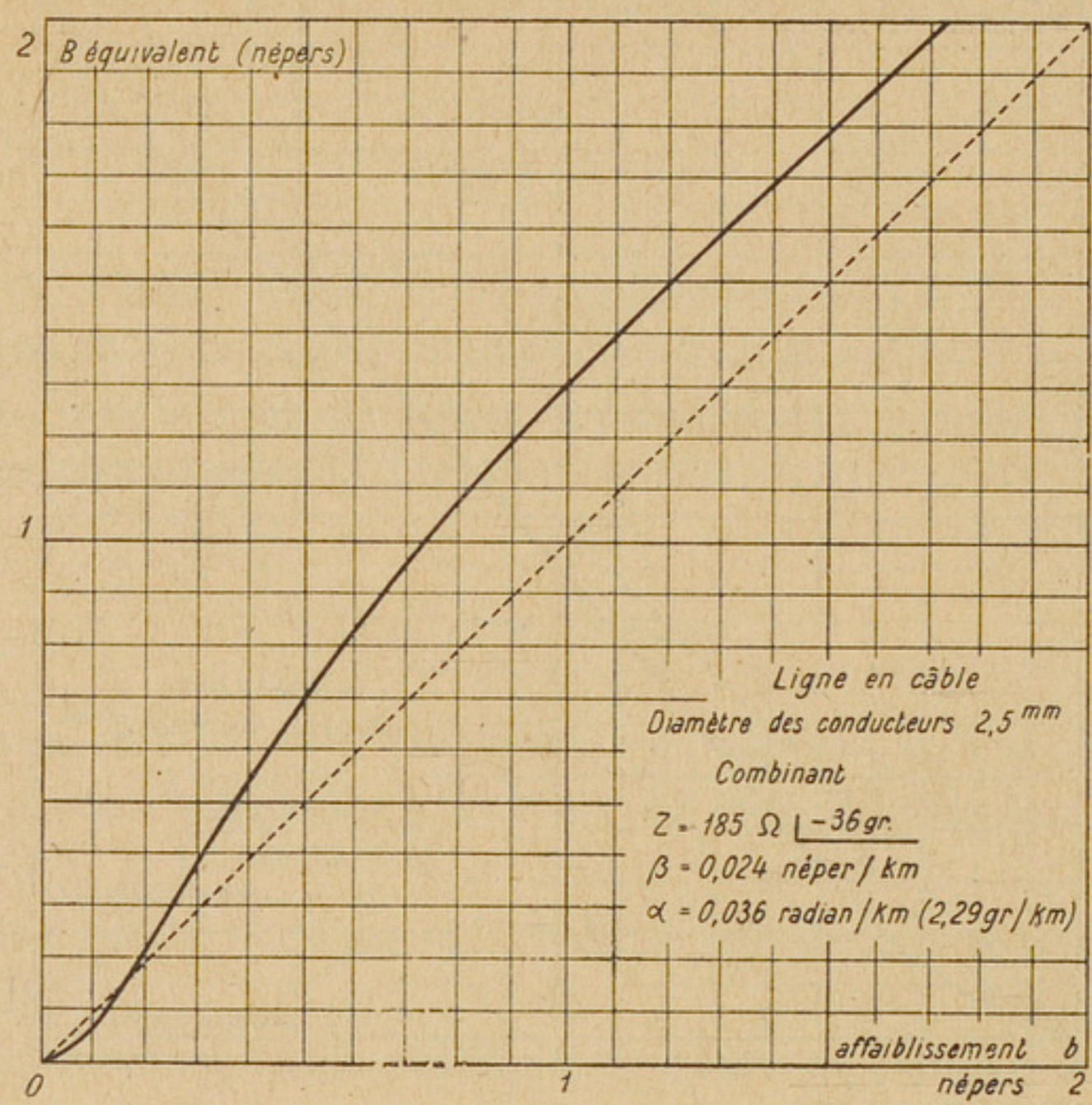

2
B équivalent (népers)
1
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 2,5 mm
Combinant
Z = 185 Ω ∟-36 gr.
β = 0,024 néper / km
α = 0,036 radian / km (2,29 gr / km)
affaiblissement b
0
1
népers 2

Fig. 7.

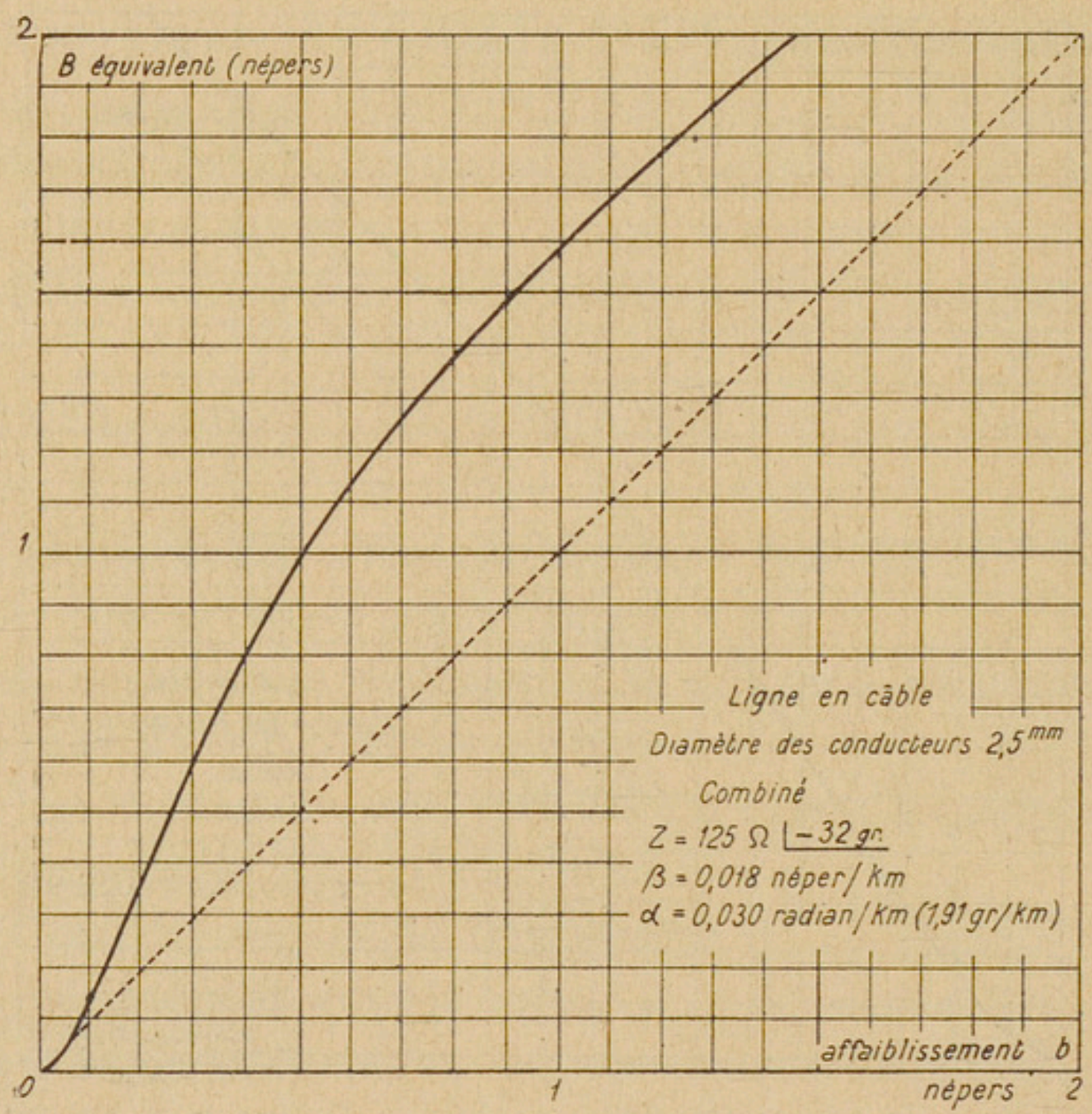

2
B équivalent (népers)
1
Ligne en câble
Diamètre des conducteurs 2,5 mm
Combiné
Z = 125 Ω ∟-32 gr.
β = 0,018 néper / km
α = 0,030 radian / km (1,91 gr / km)
affaiblissement b
0
1
népers 2

Fig. 8.

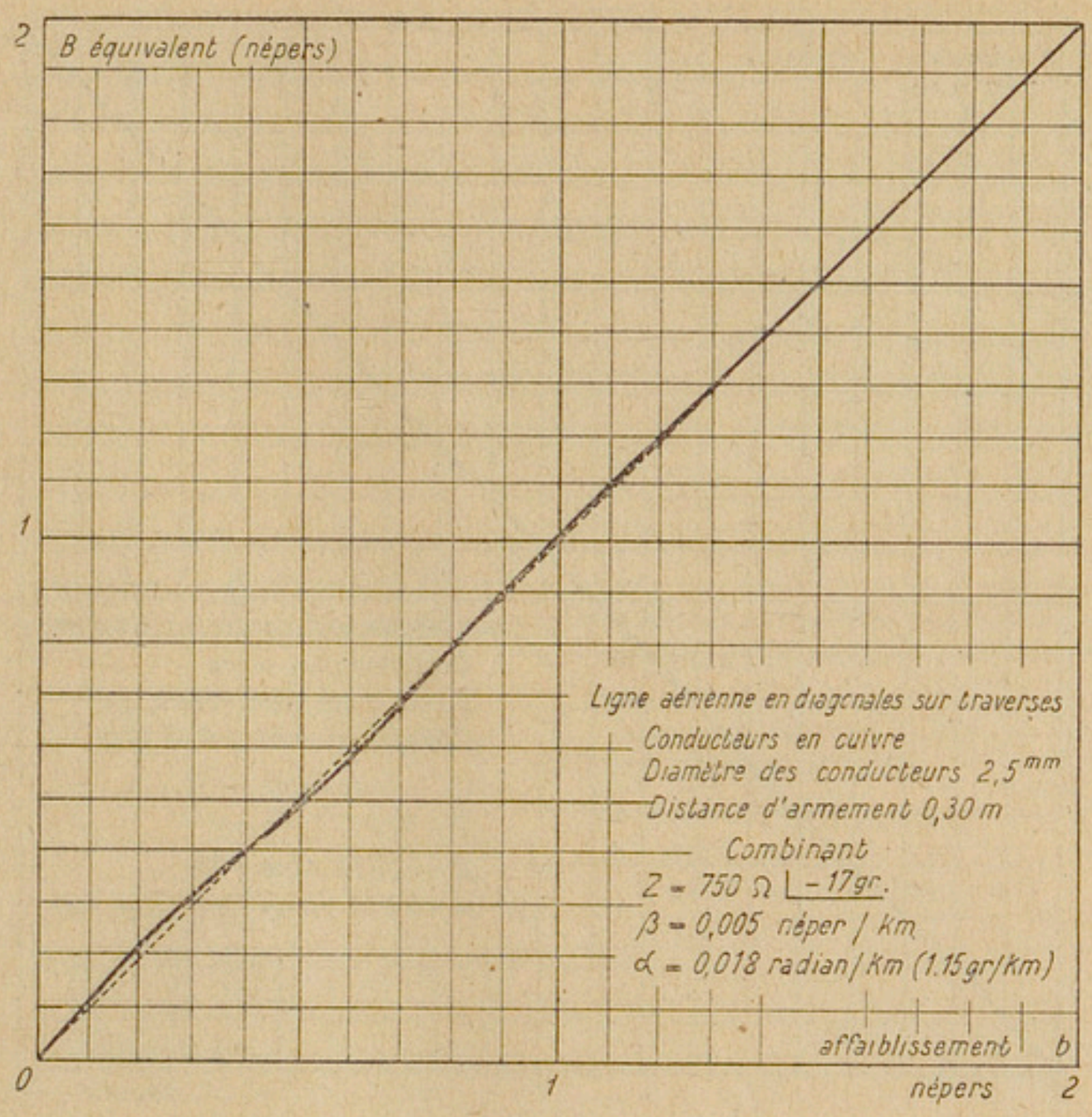

2
B équivalent (népers)
1
Ligne aérienne en diagonales sur traverses
Conducteurs en cuivre
Diamètre des conducteurs 2,5 mm
Distance d'armement 0,30 m
Combinant
Z = 750 Ω ∟ -17gr.
β = 0,005 néper / km
α = 0,018 radian / Km (1.15gr/km)
affaiblissement b
0
1
népers
2

Fig. 9.

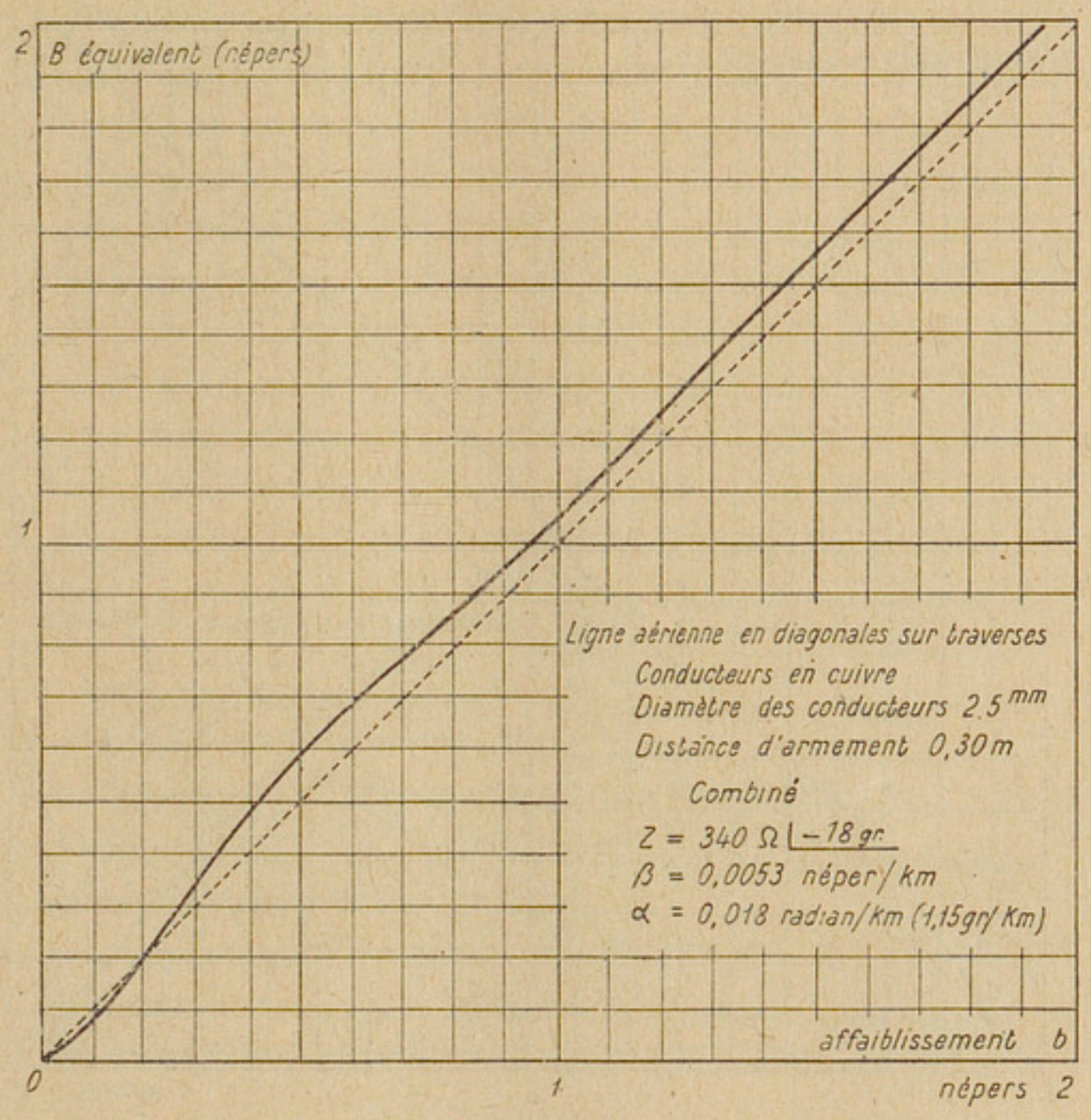

2
B équivalent (népers)
1
Ligne aérienne en diagonales sur traverses
Conducteurs en cuivre
Diamètre des conducteurs 2.5 mm
Distance d'armement 0,30 m
Combiné
Z = 340 Ω ∟ -18 gr.
β = 0,0053 néper / km
α = 0,018 radian/km (1,15gr/Km)
affaiblissement b
0
1
népers
2

Fig. 10.

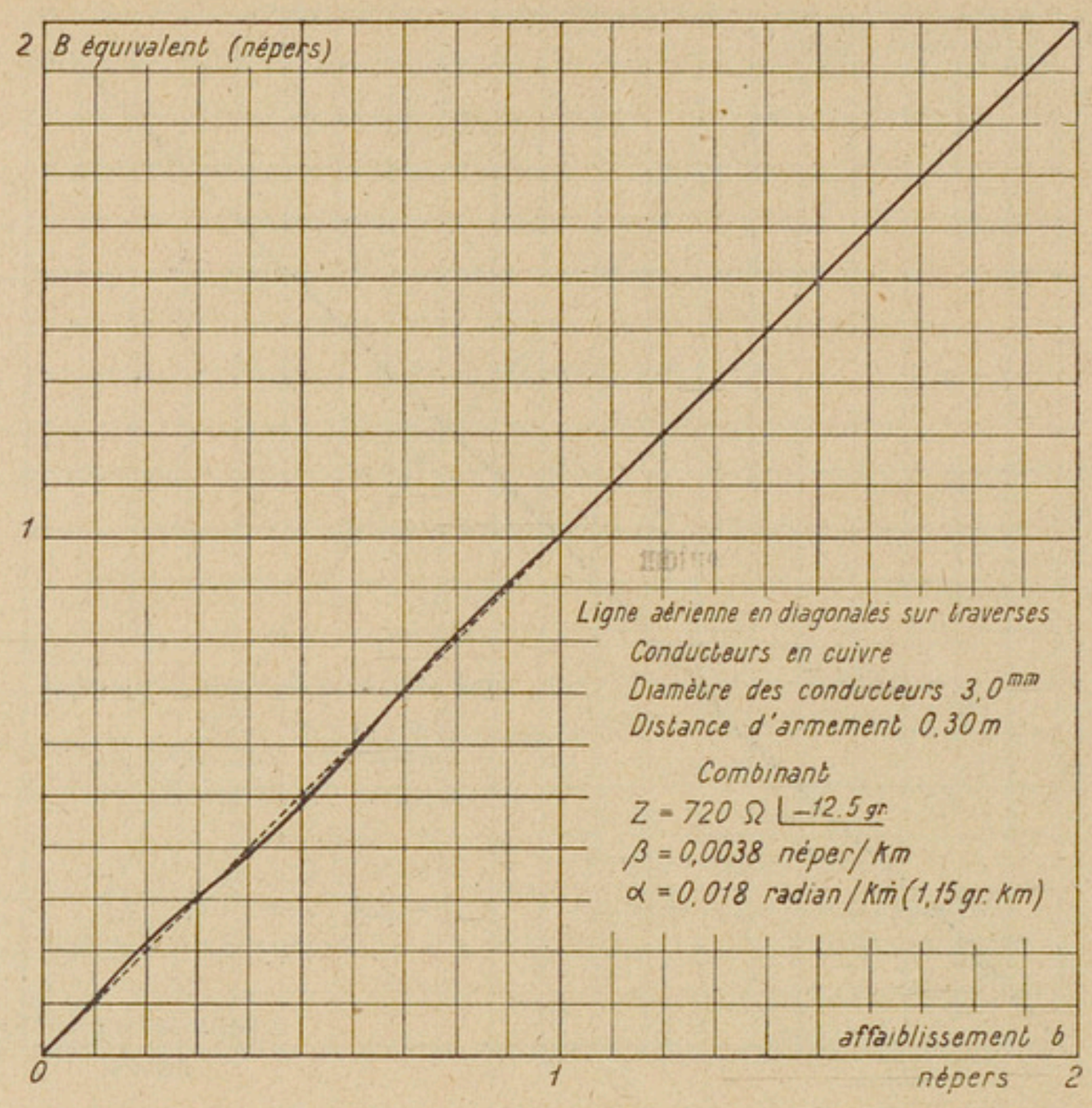

2
B équivalent (népers)
1
Ligne aérienne en diagonales sur traverses
Conducteurs en cuivre
Diamètre des conducteurs 3,0 mm
Distance d'armement 0,30 m
Combinant
Z = 720 Ω ∟ −12.5 gr
β = 0,0038 néper/km
α = 0,018 radian/km (1,15 gr. km)
affaiblissement b
0
1
népers
2

Fig. 11.

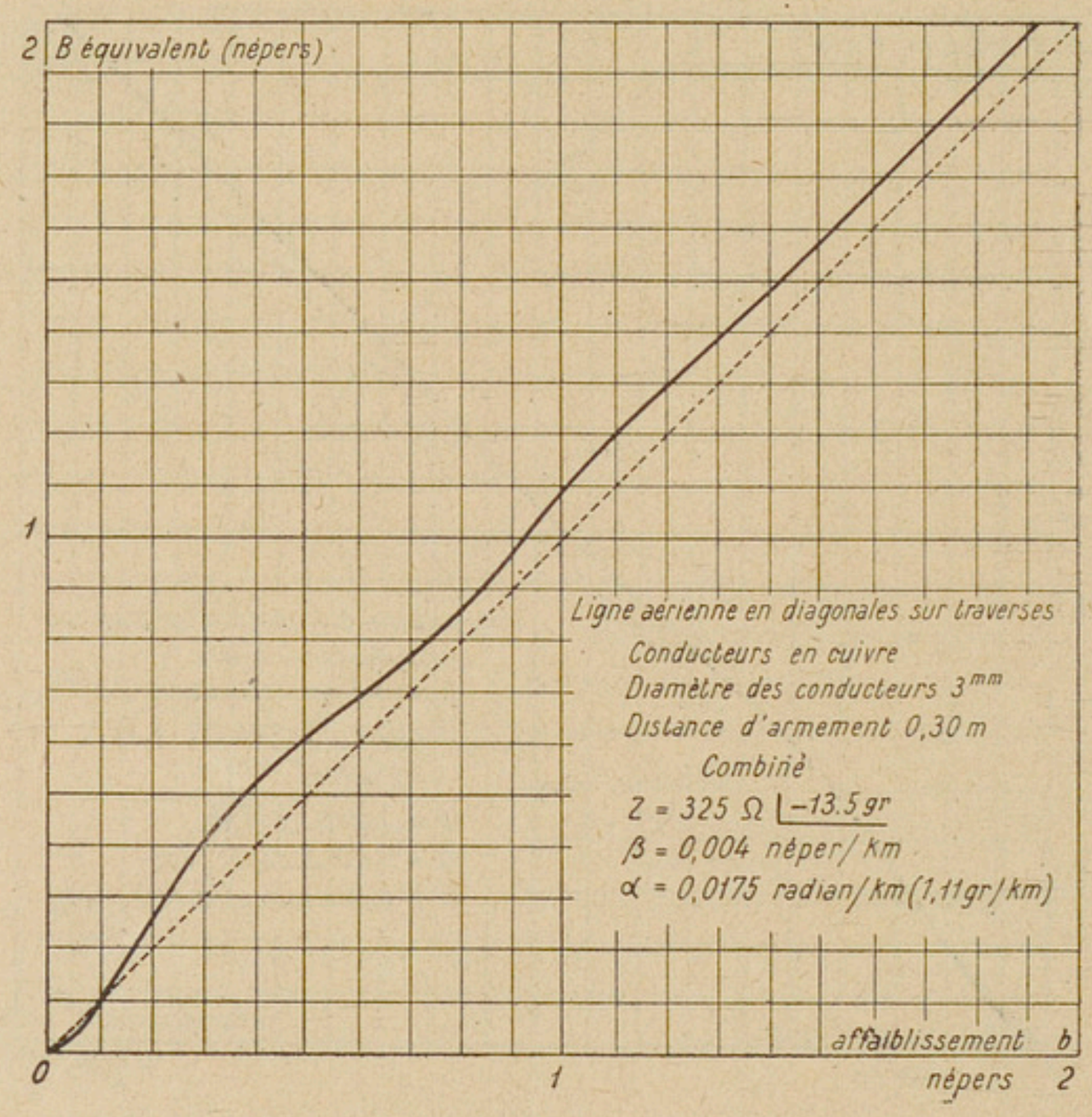

2
B équivalent (népers)
1
Ligne aérienne en diagonales sur traverses
Conducteurs en cuivre
Diamètre des conducteurs 3 mm
Distance d'armement 0,30 m
Combiné
Z = 325 Ω ∟ −13.5 gr
β = 0,004 néper/km
α = 0,0175 radian/km (1,11 gr/km)
affaiblissement b
0
1
népers
2

Fig. 12.

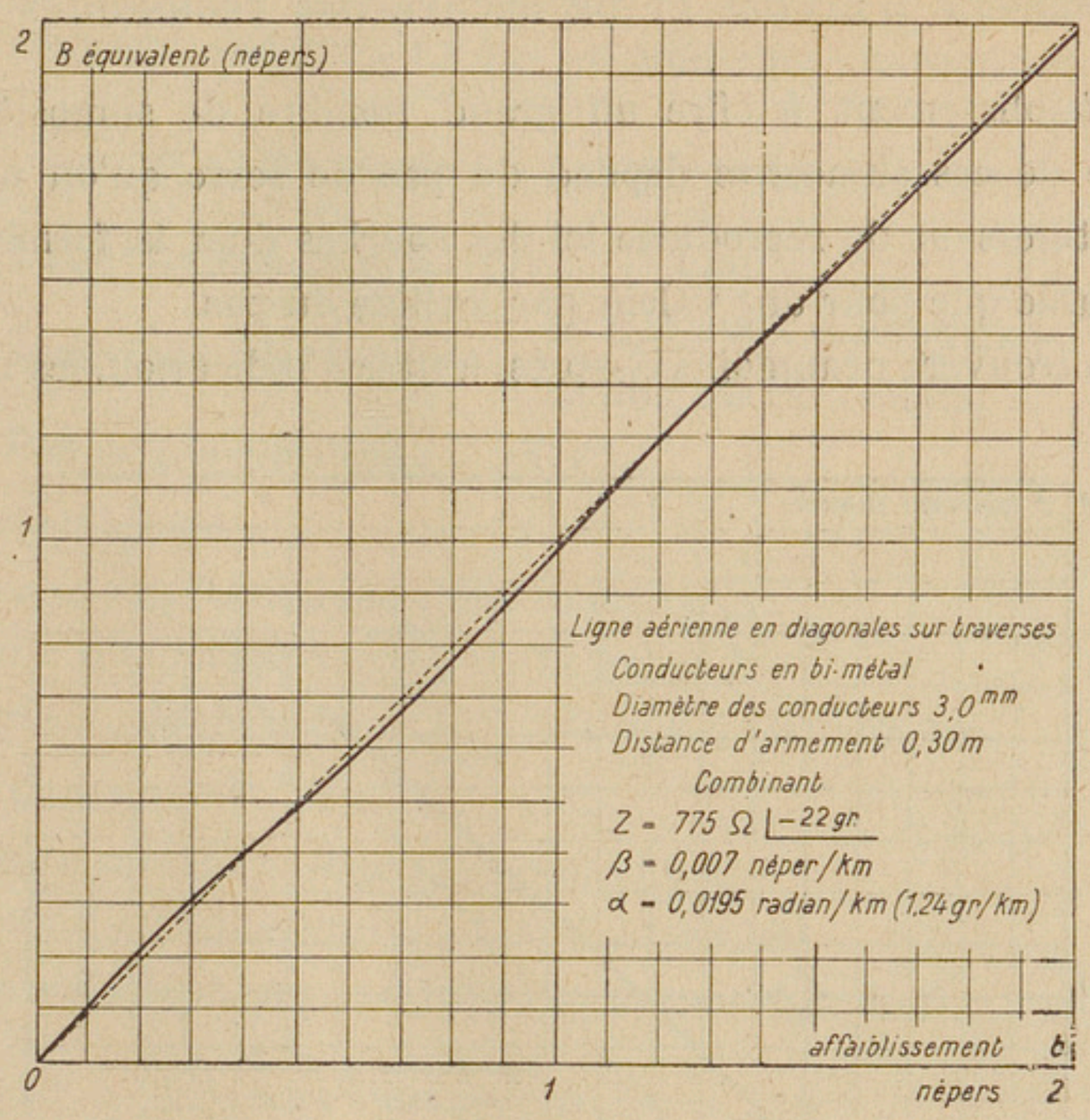

2
B équivalent (népers)
1
Ligne aérienne en diagonales sur traverses
Conducteurs en bi-métal
Diamètre des conducteurs 3,0 mm
Distance d'armement 0,30 m
Combinant
Z = 775 Ω ∟-22 gr
β = 0,007 néper/km
α = 0,0195 radian/km (1,24 gr/km)
affaiblissement b
0
1
népers 2

Fig. 13.

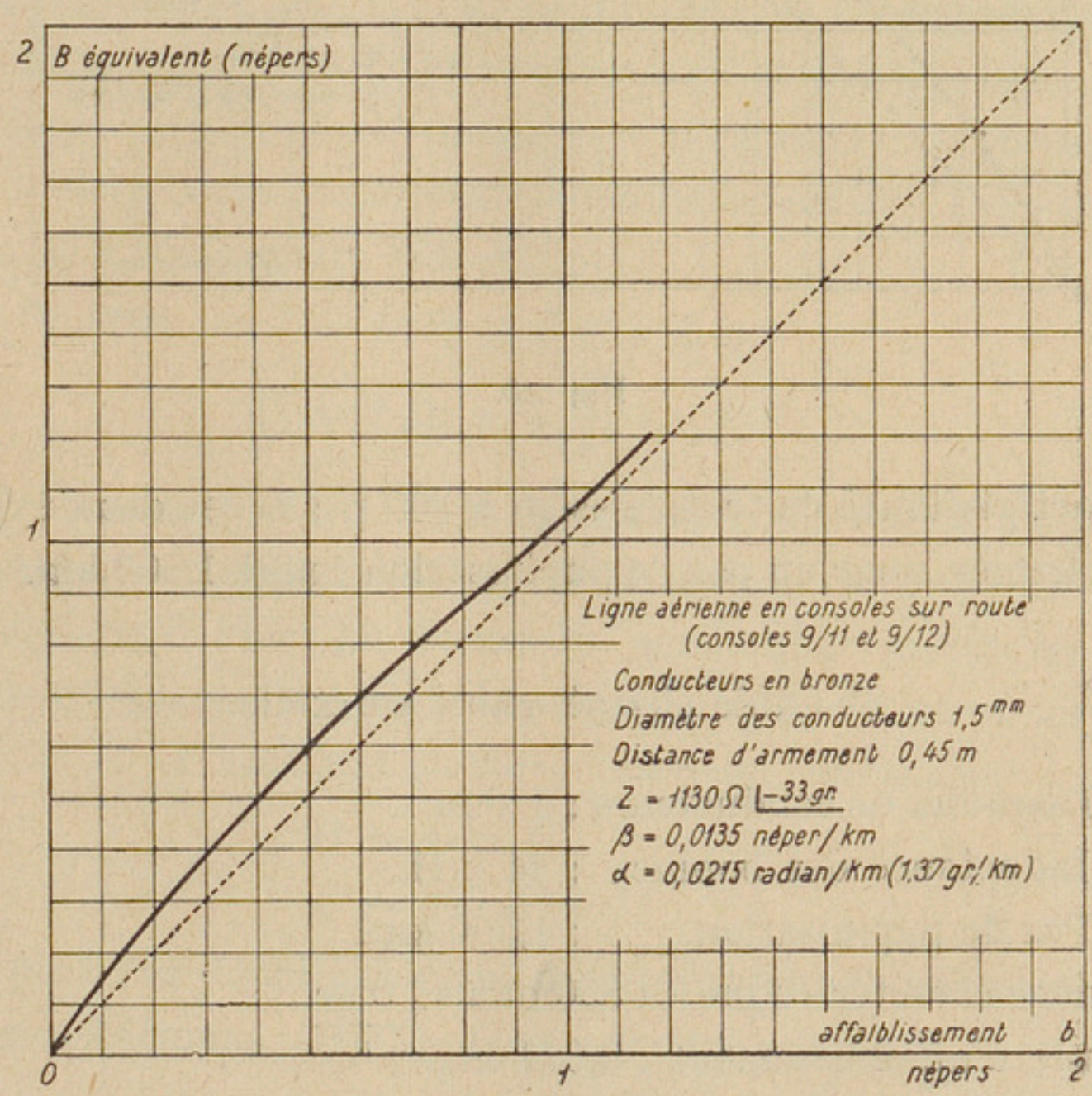

2
B équivalent (népers)
1
Ligne aérienne en consoles sur route
(consoles 9/11 et 9/12)
Conducteurs en bronze
Diamètre des conducteurs 1,5 mm
Distance d'armement 0,45 m
Z = 1130 Ω ∟-33 gr
β = 0,0135 néper/km
α = 0,0215 radian/km (1,37 gr/km)
affaiblissement b
0
1
népers 2

Fig. 14.

de l'affaiblissement *b* offre un grand nombre de sinuosités ; la période de ces sinuosités dépend du pas de sorte qu'on n'a pas jugé intéressant de reproduire ici des courbes dont la forme n'eût été valable que pour une valeur particulière du pas.

On trouvera néanmoins ci-après, à titre d'indication, les valeurs

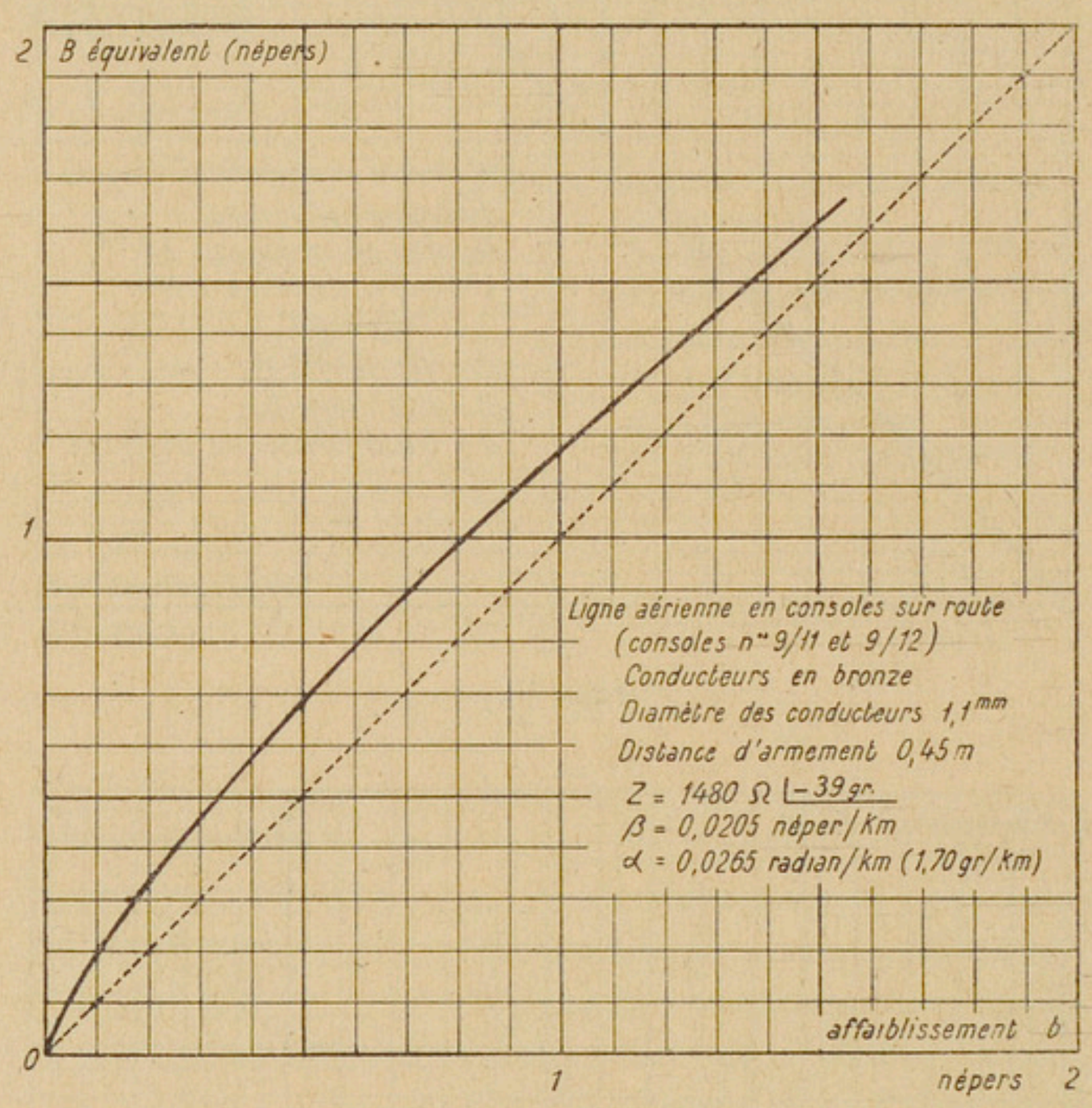


Fig. 15.

des caractéristiques de transmission à 800 p : s, des deux types de câbles chargés, pour un pas de pupinisation égal à 1,500 km.

1° Câble chargé, câblé en étoile.

Diamètre de conducteurs : 1 mm
Inductance des bobines : 44 mH.
Pas de pupinisation : 1,500 km.
Impédance caractéristique : 850 ohms ∠ 0 gr.
Constante d'affaiblissement : 0,024 néper /km.
Constante de déphasage : 0,180 radian /km (11,5 gr /km)

2° Câble chargé, à paires combinables.

Diamètre des conducteurs : 1,5 mm.

Inductance des bobines { 44 mH sur le combinant
25 mH sur le combiné.

Pas de pupinisation : 1,500 km.

a) Combinant :

Impédance caractéristique : 900 ohms $\underline{|\ 0\ \text{gr.}}$

Constante d'affaiblissement : 0,012 néper /km.

Constante de déphasage : 0,165 radian /km (10,5 gr /km)

b) Combiné. :

Impédance caractéristique : 525 ohms $\underline{|\ 0\ \text{gr}}$

Constante d'affaiblissement : 0,0095 néper /km

Constante de déphasage : 0,157 radian /km (10 gr /km).

Annexe.

Les tensions (U' et U) et les courants (I' et I) mesurés respectivement à l'entrée (U' et I') et à la sortie (U et I) d'une ligne homogène d'impédance caractéristique Z et d'exposant de propagation $g = b + ja$ (b étant l'exposant d'affaiblissement et a l'exposant de déphasage), satisfont aux relations :

$$U' = U \operatorname{ch} g + Z\, I \operatorname{sh} g. \qquad (2)$$

$$I' = I \operatorname{ch} g + \frac{U}{Z} \operatorname{sh} g. \qquad (3)$$

Si les bornes d'entrée de la ligne sont raccordées à un générateur d'impédance égale à 600 ohms (argument zéro) et de forcer électromotrice E et si les bornes de sortie sont raccordées à un récepteur d'impédance égale à 600 ohms (argument zéro), les grandeurs U, I, U', I' satisfont en outre aux deux équations :

$$U = 600\, I \qquad (4)$$

$$E = 600\, I' + U' \qquad (5)$$

De plus, par définition même de l'équivalent B (affaiblissement effectif sur 600 ohms, à 800 p: s) on peut écrire :

$$e^B = \left| \frac{E}{2\, U} \right| \qquad (6)$$

En éliminant E, U, U', I, I' entre les équations 2, 3, 4, 5 et 6, on obtient l'équation :

$$e^B = \left| e^g \frac{\frac{600}{Z} + \frac{Z}{600} + 2}{4} - e^{-g} \frac{\frac{600}{Z} + \frac{Z}{600} - 2}{4} \right| \qquad (7)$$

qui n'est autre que l'équation (1) :

$$B = b + \log_e \left| \frac{\frac{600}{Z} + \frac{Z}{600} + 2}{4} \right| + \log_e \left| 1 - e^{-2g} \frac{\frac{Z}{600} + \frac{600}{Z} - 2}{\frac{Z}{600} + \frac{600}{Z} + 2} \right|. \qquad (1)$$

Cette équation montre que la courbe représentative de B en fonction de b diffère de la première bissectrice (courbe B = b). Cette courbe admet une asymptote d'équation :

$$B = b + \log_e \left| \frac{\frac{600}{Z} + \frac{Z}{600} + 2}{4} \right|$$

La tangente à l'origine a pour équation :

$$B = b \left\{ 1 + \text{partie réelle de } \frac{1}{2} \left(1 + j \frac{a}{b} \right) \left(\frac{Z}{600} + \frac{600}{Z} - 2 \right) \right\}.$$

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur un voltmètre amplificateur (Jean Roulleau, *C.R. acad. sciences*, 12 juin 1933). — L'amplification des courants alternatifs, plus stable et plus facile à obtenir que l'amplification des courants continus, se prête aisément à la réalisation d'un voltmètre-amplificateur ; il suffit d'utiliser un oscillateur dont l'amplitude d'oscillation soit fonction de la différence de potentiel continue appliquée aux bornes d'entrée.

Le dispositif employé comporte une lampe bigrille. La plaque et la grille extérieure sont couplées par l'intermédiaire d'un transformateur à fer, de manière à créer un courant de fréquence audible. La grille extérieure joue un rôle modulateur ; son potentiel, par rapport au filament, détermine la résistance interne de la lampe et, par suite, l'amplitude des oscillations plaque-grille intérieure. La polarisation est telle que le courant débité par la grille soit inférieur à 10^{-6} ampère. Les oscillations sont alors amplifiées par un dispositif quelconque dont l'amplification ne doit pas dépendre de la fréquence car aux variations d'amplitude du courant, sont liées des variations de fréquence). A la sortie de la dernière lampe, le courant oscillant passe dans un transformateur, dont le circuit secondaire comporte un dispositif de redressement et un milliampèremètre. On peut également redresser directement le courant oscillant, en faisant fonctionner la dernière lampe dans les conditions où la caractéristique de plaque est courbe. Ce dernier dispositif est plus simple, et possède un meilleur rendement que le précédent.

La pente de l'amplificateur peut atteindre au maximum 2.500 milliampères par volt, lorsqu'on utilise deux étages d'amplification à la suite de la lampe bigrille. Il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à augmenter le nombre de ces étages, car la stabilité est assez grande. Les variations accidentelles du courant final ne dépassent pas 1/50

de milliampère autour d'une valeur moyenne qui reste fixe dans le temps (lorsque la période d'allumage des lampes, de l'ordre de 1 heure, est effectuée).

Il est ainsi possible de déceler une variation de 2.10^{-5} volt à la grille d'entrée, qui produit une variation de 4.10^{-2} milliampère dans le circuit du milliampèremètre.

Afin de mesurer l'inertie de l'amplificateur, le milliampèremètre était remplacé par un oscillographe. Une variation rapide (dont la durée n'excède pas 1 /100 de seconde) du potentiel de la grille d'entrée produit une variation relativement lente du courant oscillant. Ce dernier met environ 1 /4 de seconde pour atteindre son intensité d'équilibre, quelle que soit l'amplitude des variations du potentiel de grille. Cet amplificateur est par suite inutilisable pour l'amplification des courants alternatifs, même de très basse fréquence, à cause, d'une part, de son inertie considérable, et, d'autre part, de la production inévitable de battements entre le courant à amplifier et les oscillations de la lampe bigrille.

En résumé, cet appareil convient comme millivoltmètre pour courant continu, en n'exigeant qu'un appareil de mesure relativement peu sensible. Son principal avantage réside dans sa stabilité. Il importe aussi de remarquer que, lorsqu'on utilise le montage comportant un redresseur à la suite du transformateur de sortie, les sources de courant nécessaires au chauffage des filaments et aux tensions des plaques peuvent subir des variations assez grandes sans qu'il en résulte de variation notable de l'amplification, tout au moins pour les derniers étages.

INFORMATIONS.

La récente session de la conférence internationale des grands réseaux électriques. — La 7e session de la Conférence internationale des grands réseaux électriques a eu lieu à Paris au mois de juin dernier.

On pouvait craindre que, en raison de la crise industrielle intense qui règne dans tous les pays du monde, le nombre des participants à la session serait considérablement réduit par rapport aux sessions antérieures.

Il n'en a rien été, au contraire : le nombre des participants a été en effet de 751, supérieur à tous ceux qui avaient été réalisés jusqu'ici, même pendant les années de grande prospérité. Un pareil succès montre quel rôle important la Conférence internationale des grands réseaux électriques joue dans les milieux de l'électricité : si, en effet, des centaines de sociétés du monde entier se sont fait représenter à grands frais par des ingénieurs à la session, une année où les affaires vont si mal, c'est qu'elles jugent cette participation des plus utile à leurs intérêts. D'ailleurs, bien que la Conférence soit technique, son but pratique est de montrer comment on peut « mieux faire travailler l'argent » : c'est en effet ce but qu'on réalise toutes les fois qu'on perfectionne des machines ou des installations électriques et qu'on améliore le rendement d'un réseau.

Les 751 membres de la session provenaient de 31 pays différents et des 5 parties du monde, y compris les pays les plus éloignés. 129 rapports ont été présentés, tous du plus puissant intérêt et il est clair que les électriciens les plus éminents du monde entier réservent désormais à la Conférence la primeur de leurs travaux.

Parmi les pays qui ont présenté le plus grand nombre de rapports figurent l'Allemagne avec 23 rapports, la France avec 22, la Suisse avec 12, la Belgique avec 11, l'U.R.S.S. avec 11. De très

importantes contributions ont été apportées également par l'Angleterre, l'Italie, les Etats-Unis d'Amérique, etc.

Parmi les questions qui ont été le plus discutées, nous notons : les récents perfectionnements des alternateurs, la marche en parallèle des centrales, les nouveaux modes de construction des interrupteurs, les mesures et manœuvres à longues distances, l'emploi du courant continu dans les transmissions à longues distances, les conditions à exiger pour la bonne construction des câbles, les méthodes de calcul mécanique et électrique des lignes, les constructions et les essais des isolateurs, la vibration des conducteurs, la mise à la terre, l'amélioration du facteur de puissance, la protection contre les surtensions et la foudre, les perturbations radiophoniques causées par les grandes centrales et les lignes à haute tension, la téléphonie entre centrales et l'influence du courant fort sur des lignes téléphoniques et télégraphiques.

Le succès grandissant de la Conférence internationale des grands réseaux électriques démontre l'utilité des réunions internationales spécialisées. Il prouve également la fécondité des congrès bien organisés et consacrés uniquement au travail à l'exclusion des festivités ou distractions.

Le compte-rendu complet des travaux sera publié à la fin de l'année en 3 volumes de 2.400 pages environ et contiendra à la fois tous les rapports présentés et la sténographie des discussions.

Pour tous renseignements sur ce compte-rendu, s'adresser au Secrétariat général de la Conférence, avenue Marceau, 54, Paris.

Télévision d'un match de boxe. — Le 20 août 1933, sous les auspices du British Boxing Board of Control, eut lieu à Londres, dans la maison de la radiodiffusion (Broadcasting House), une intéressante expérience de télévision. Sur un écran de 40 centimètres sur 25 centimètres, plusieurs dizaines de personnes virent l'image animée d'un combat de boxe qui avait lieu à Blackfriars Ring.

Etant donné les dimensions relativement petites de l'écran, les corps des boxeurs étaient évidemment très réduits dans cette reproduction. Comme, au contraire, le son était reproduit simultanément par haut-parleur avec une intensité normale, on avait un

peu l'impression de boxeurs lilliputiens se portant l'un à l'autre des coups gigantesques.

Cette expérience montre qu'il faudra agrandir considérablement les dimensions de l'écran récepteur de télévision (ce qui naturellement nécessite de gros perfectionnements à apporter aux appareils récepteurs d'images animées) pour que la transmission télévisuelle d'un match de boxe puisse donner aux observateurs des impressions comparables à celles d'une vision directe.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

749.934. Perfectionnements aux systèmes télégraphiques et similaires (Société dite : Automatic electric Company, Angleterre).

Téléphonie.

748.155. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (L. M. Ericsson, Suède).

748.156. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (L. M. Ericsson, Suède).

748.157. Perfectionnements aux dispositifs émetteurs d'impulsions (L. M. Ericsson, Suède).

748.212. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques (L.M. Ericsson, Suède).

748.388. Perfectionnements apportés aux moyens pour assurer la transmission automatique de courants téléphoniques ou de signaux entre deux quelconques de plusieurs postes desservis par une ligne bifilaire (Association des ouvriers en instruments de précision, France).

748.397. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (L. M. Ericsson, Suède.

749.968. Perfectionnements apportés aux dispositifs de signalisation pour installations téléphoniques, notamment pour celles à batterie centrale (Société dite : Association des ouvriers en instruments de précision, France).

750.356. Perfectionnements aux transformateurs différentiels (Société dite : Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

750.424. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques, semi-automatiques et convertibles (Le Matériel téléphonique, France).

750.800. Dispositif de connexion multiple pour installations téléphoniques avec sélecteurs et lignes répartis en groupes (Friedrich Merk et Société H. Fuld et Cie, Telephon-und Telegraphenwerke A. G., Allemagne).

750.846. Dispositif pour l'enregistrement automatique des conversations, s'adaptant aux appareils téléphoniques (Karl Daniel, Allemagne).

750.881. Téléphone à capsule (Siemens et Halske A. G., Allemagne).

751.005. Perfectionnements aux systèmes de signalisation et plus particulièrement aux systèmes téléphoniques à lignes partagées (Le Matériel téléphonique, France).

42.555. Procédé pour doubler le nombre des communications télégraphiques ou téléphoniques, avec ou sans fil, et dispositifs le réalisant (William-Arthur Loth et Armand-Joseph Givelet, France) (1re addition au brevet n° 737.941.)

42.609. Appareils de raccordement pour la répartition et la distribution des réseaux téléphoniques souterrains et aéro-souterrains (Etienne Auran, France) (4e addition au brevet n° 651.314.)

Transmission des images.

749.793. Perfectionnement aux amplificateurs de télévision (Tomomasa Nakashima et Kenjiro Tagayanagi, Japon).

750.120. Récepteur de télévision à disque de Nipkow avec spirale à plusieurs tours et commande des caches par moteurs synchrones (Fernseh A. G., Allemagne).

750.165. Appareil de vision d'invisible (Henri-Roger Lénier, France).

750.450. Procédé pour explorer un film humide, en particulier pour la télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

> Dans un appareil combiné de prises de vues cinématographiques et de transmission du film cinématographique par télévision, afin de gagner du temps, au lieu de sécher le film avant son exploration par disque de Nipkow, on procède à cette exploration pendant que le film passe dans une cuve à faces parallèles pleine d'eau de lavage du film révélé ou même pleine du liquide révélateur ; dans ce dernier cas, des substances colorées appropriées sont ajoutées au liquide révélateur pour empêcher que le pinceau lumineux explorateur qui traverse le disque de Nipkow n'impressionne le film non encore fixé.

42.581. Perfectionnements à la transmission et à la réception d'images (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France) (1re addition au brevet n° 693.983).

> Dans un appareil récepteur de télévision à disque de Nipkow et cellule de Kerr, les diverses armatures positives du condensateur multiple de Kerr sont reliées les unes aux autres au moyen de bobines d'inductance, tandis que les armatures négatives sont reliées ensemble directement, la dernière armature positive étant reliée à la dernière armature négative par une résistance de valeur appropriée.
>
> L'ensemble de ces bobines d'inductances et des capacités existant entre armatures successives positive et négative constitue une ligne artificielle sur laquelle le signal de télévision appliquée à l'entrée se propage avec une vitesse finie telle que le

temps de propagation totale soit égal au temps que met un trou du disque de Nipkow à se déplacer de sa propre largeur. On place de part et d'autre de la cellule de Kerr une série de polariseurs juxtaposés et d'analyseurs juxtaposés de sorte que l'on obtient pour un point d'image plusieurs spots lumineux successifs ce qui accroît l'éclairement de l'image reçue.

Radiocommunications.

747.854. Perfectionnements aux postes générateurs de courant haute fréquence (Etablissements J. Hennuy et Cie, France).

747.890. Système de couplage permettant d'engendrer ou d'amplifier des oscillations électriques (N. V. Philips Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

747.899. Nouveau circuit oscillant radio-électrique, utilisant une action multiple des harmoniques de l'onde fondamentale (Antoine Grasso, France).

747.980. Dispositif de réglage à manœuvre unique pour appareils radio-électriques récepteurs, et notamment du type superhétérodyne (Raymond Brondel, France).

748.210. Dispositif réflecteur pour ondes ultra-courtes (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

748.251. Commutateur pour bobinages de T.S.F. et autres applications (André Thomas, France).

748.310. Auto-régulateur d'intensité sonore des réceptions radiophoniques (Marcel-Gabriel Thomas, Espagne).

748.384. Procédé et dispositif pour l'auto-régulation de l'intensité sonore fournie par un radio-récepteur (Julien-Louis Amiot) France).

750.001. Dispositif de protection pour radiorécepteurs s'adaptant aux moteurs électriques d'appareils ménagers (Inventia Patent-Verwertungs-Gesellschaft, Suisse).

750.005. Perfectionnements apportés aux appareils récepteurs de T.S.F. avec réglage automatique des amplitudes (Dr Georg Seibt A. G., Allemagne).

750.050. Perfectionnements aux montages changeurs de fréquence (Eugène Voiret et Maurice Rivoire, France).

750.181. Perfectionnements aux triodes (Jacques Visseaux et Antoine-Luc-Clément Le Menestrel, France) .

750.766. Procédé de démodulation d'un courant alternatif Xavier-Louis-Marie-François-de-Sales de Maistre, France).

750.806. Récepteur haute fréquence avec lampes à grille-écran (C. Lorenz A. G., Allemagne).

750.837. Montage neutrodyne pour lampes à grille-écran (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

751.029. Procédé et système anti-parasites applicables notamment aux appareils radioélectriques (Société dite : Radio Research laboratories, Inc., Etats-Unis d'Amérique).

BIBLIOGRAPHIE.

Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité et ses relations avec la résistance des matériaux, par Edmond Dreyfuss, ingénieur en chef des manufactures de l'État. Préface de A. Mesnager, membre de l'Institut. Paris, Eyrolles, 1932. 1 vol. in-8° de 195 pages, avec 49 figures. Prix : 20f.

L'auteur de cet ouvrage, professeur du cours de résistance des matériaux à l'École d'application des manufactures de l'État, s'est proposé d'asseoir sur la base d'une théorie rigoureuse les fondements de la résistance des matériaux.

On sait que la résistance des matériaux a pour but de déterminer les déformations et les forces intérieures dans une construction soumise à des forces extérieures données, et d'en déduire les conditions de stabilité. Cette science, fondée à l'origine sur des hypothèses simples quant à la déformation de la construction, a rendu d'immenses services, car elle a permis d'établir les importantes constructions qui ont été réalisées au siècle dernier. Malheureusement, l'absence de méthodes rigoureuses conduisait parfois à des résultats inexacts et avait cette conséquence particulièrement gênante qu'il était difficile d'obtenir l'ordre de grandeur de l'erreur commise. Dans certains cas, les hypothèses arbitraires sur lesquelles est fondée la résistance des matériaux conduisaient à des résultats inexacts. Aussi s'est-on efforcé de donner une base rigoureuse à la science des constructions ; la théorie de l'élasticité, découverte après la résistance des matériaux, se montrait impuissante à l'étude de cas quelque peu compliqués, les équations auxquelles elle conduit n'étant susceptibles d'être intégrées que dans un nombre fort limité de cas ; mais elle permettait cependant de donner une base solide à la théorie de la résistance des matériaux. Dans une autre voie, la comparaison des résultats de la théorie de la résistance des maté-

riaux à l'expérience, par la mesure de la déformation des pièces fléchies, avait donné des résultats d'une importance fondamentale pour les constructions ; mais ce sont les méthodes optiques connues aujourd'hui sous le nom de « photoélasticimétrie » qui devaient, entre les mains de M. Mesnager en France et d'autres expérimentateurs à l'étranger, donner des résultats définitifs, en permettant de mesurer les forces intérieures et les déformations par la polarisation des rayons lumineux qui traversent un modèle en verre de la pièce à étudier soumis aux mêmes forces extérieures qu'elle, à l'intensité près.

Le livre de M. Dreyfuss contient un exposé, fort original en divers points, de la théorie de l'élasticité et de ses applications à la résistance des matériaux ; conçu pour des ingénieurs, cet ouvrage est délibérément pratique, et écarte les questions qui conduisent à des calculs trop compliqués : c'est ainsi qu'on n'y trouve pas l'exposé des méthodes de Boussinesq et Cerutti, pour la résolution du problème du corps limité pour un plan indéfini et chargé sur un point de ce plan, mais au contraire la solution physique due à M. Mesnager. Par contre, il expose la démonstration expérimentale du principe de l'équipollence des efforts (dit souvent « principe de Barré de St Venant ») qui sert de base à toute la théorie de l'élasticité, et donne les conditions auxquelles ce principe peut être appliqué. La comparaison de la théorie de l'élasticité à la résistance des matériaux forme un chapitre important, que nous croyons complètement original, et que les ingénieurs liront avec intérêt.

Dans les trois premiers chapitres, l'auteur expose les principes de la théorie de l'élasticité : équilibre d'un milieu continu (chap. 1er), déformation d'un milieu continu (chap. 2), relations entre les fatigues et les déformations (chap. 3) suivant les méthodes habituelles ; mais cette étude contient des compléments importants, utiles pour l'ingénieur, résultant de recherches récentes et qu'on ne trouve pas dans les ouvrages usuels : représentation plane des fatigues par le centre de Mohr, étude approfondie de l'équilibre, plan dont l'importance paraît s'accroître tous les jours et qui reçoit constamment de nouvelles applications, résultats d'expériences de photoélasticimétrie, étude approfondie, au point de vue pratique, des quadriques qui permettent

de représenter les déformations. Le chapitre 4 est consacré à l'étude de l'équilibre élastique d'un solide homogène et isotrope contraint, avec des applications à l'extension longitudinale d'un prisme droit et à la torsion d'un cylindre droit à base circulaire. Enfin, dans le chapitre 5 et dernier, l'auteur étudie d'abord les hypothèses sur lesquelles Barré de St Venant a fondé sa célèbre étude élastique des pièces prismatiques ; il en fait ensuite l'application à l'établissement des formules fondamentales de la résistance des matériaux et à la discussion de l'hypothèse de Bernoulli, sur laquelle repose la théorie usuelle de la flexion et réussit ainsi à asseoir sur une base rigoureuse la théorie de la résistance des matériaux. E. P.

La théorie de la transmission téléphonique, par Georges Valensi, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, professeur à l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes. — Paris, Librairie de l'Enseignement technique, 1933, 1 vol. (16,5 × 25) de 626 pages, avec 272 figures. Prix : 80 francs.

La technique des communications téléphoniques à grande distance est une de celles qui ont évolué le plus vite, dans ces vingt dernières années ; elle a provoqué, dans tous les pays et dans toutes les langues, une floraison d'études théoriques si abondante et si riche que les spécialistes eux-mêmes éprouvent quelque peine à en suivre le développement en se reportant aux mémoires originaux.

Il faut donc savoir gré à l'auteur d'avoir fixé, dans son nouveau livre, d'après les travaux les plus récents, l'état actuel de la théorie de la transmission téléphonique : mêlé par ses fonctions d'ingénieur en chef des postes et télégraphes à la vie d'une grande administration téléphonique, entretenant d'ailleurs, en sa qualité de secrétaire général du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, des relations constantes avec les techniciens et les savants du monde entier, l'auteur était plus qualifié que quiconque pour réussir dans cette entreprise.

Transmettre à un récepteur les courants engendrés par un microphone éloigné, voilà le rôle d'un circuit téléphonique : pour que cette

transmission soit satisfaisante, il faut d'abord que le rendement en amplitude soit bon ; il faut en outre que la restitution soit assez fidèle pour conserver les caractères de la voix. Tels sont les deux aspects de la question que l'auteur étudie d'abord en indiquant la solution des différents problèmes qui se posent à l'ingénieur (choix d'un type de charge, calculs de répéteurs, de correcteurs et de filtres, suppression des échos, précautions à prendre contre la diaphonie, etc.). Quand la bande des fréquences à transmettre s'élargit et quand le circuit est utilisé pour porter non pas la parole mais la musique ou les images, les difficultés s'accroissent et l'auteur indique les exigences nouvelles qui sont alors imposées. Enfin il examine l'importante question de la coopération de la téléphonie par fils et de la radiotéléphonie dans les relations intercontinentales.

Le cours de Transmission téléphonique de M. G. Valensi fait suite, dans l'enseignement de l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes, à un cours d'Electricité théorique ; il est complété d'ailleurs par un cours de Lignes souterraines à grande distance. Cette double circonstance lui vaut d'être débarrassé de tout développement mathématique et de toute description détaillée d'appareils. Ce caractère dépouillé, qui rend sa lecture aussi attrayante que profitable, lui vaudra l'estime des spécialistes et la faveur du public.

R. B.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE

publiée par les soins de la Direction du Service central du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

(Bureau d'études, de documentation et de statistique).

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'administration..... 20 fr.
Personnes étrangères à l'administration..... 50 fr.

(Pour la prise en charge du montant des abonnements, voir *Bulletin officiel* n° 15 de 1932, p. 517).

Sommaire du n° 10 de 1933 (2e année).

Le Bureau central téléphonique interurbain de Paris, par M. VILLATTE, chef du bureau central téléphonique interurbain de Paris.

DOCUMENTATION GÉNÉRALE.

La psychotechnie et le recrutement du personnel en Allemagne.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

1° BUDGET ET COMPTABILITÉ.

Recettes budgétaires du mois de septembre 1933.

2° PERSONNEL.

Recrutement des sous-ingénieurs du service radioélectrique.

3° POSTE.

Le fonctionnement des services postaux pendant le 2e trimestre de 1933.
Poste aérienne. — Projet de décret relatif aux entreprises de transport aérien de dépêches postales par les Compagnies non subventionnées assurant des services aériens réguliers.
Service aérien de nuit assuré, à titre d'essai, entre Paris et Marseille.

4° TÉLÉGRAPHE.

Le fonctionnement des services télégraphiques pendant le 2e trimestre de 1933.
Création de lettres-télégrammes à tarif réduit.
Projet de ratification et de mise en application des Actes des conférences télégraphiques et radiotélégraphiques de Madrid.

5° TÉLÉPHONE.

Le fonctionnement des serviees téléphoniques pendant le 2e trimestre de 1933.
Ouverture des relations téléphoniques avec l'Amérique Centrale.

6° CHÈQUES POSTAUX ET ARTICLES D'ARGENT.

Fonctionnement des services pendant le 1er semestre de 1933.

OFFICES ÉTRANGERS.

1° POSTE.

La dernière statistique de l'Union postale.
Allemagne. — Le calendrier à feuillets de la Reichspost.
Allemagne. — Résultats financiers de l'exploitation pendant le second trimestre de 1933 et de 1932.
Allemagne. — Les opérations de chèques postaux pendant le second trimestre de 1933.
Grande-Bretagne. — Création d'un périodique professionnel.
Mexique. — Création de cartes ou lettres-réponses en port dû.
Suisse. — Société des Nations. Ouverture d'un bureau de poste spécial.
Suisse. — La collaboration du chemin de fer et de la poste dans le transport des voyageurs.
Tchécoslovaquie. — Les transports par automobiles et la poste.

2° TÉLÉCOMMUNICATIONS.

Radioffusion. Campagne contre les écouteurs clandestins.
Allemagne. — Service des télégrammes brefs et des lettres-télégrammes.
Allemagne. — Création d'une nouvelle catégorie de télégrammes.
Allemagne. — L'emploi du téléimprimeur sur les lignes télégraphiques et téléphoniques.
Allemagne. — Le trafic télégraphique et téléphonique pendant le second trimestre de 1932 et de 1933.
Japon. — Les communications radioélectriques.

JURISPRUDENCE.

Délai de recours. — Bonifications. — Date d'application.

BIBLIOGRAPHIE.

Articles de revues.

Le Gérant : HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 24-11-33

LA LIAISON RADIOTÉLÉPHONIQUE FRANCE-ALGÉRIE

par R. RIGAL,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. Généralités.

La liaison radiotéléphonique France—Algérie par ondes courtes dirigées a été ouverte au public le 6 mai 1933.

Elle permet d'établir, par la voie radio-électrique Paris—Alger, la liaison entre un abonné relié par une voie quelconque au centre de Paris et un abonné relié au centre d'Alger. C'est dire que, pratiquement, elle met en relation les réseaux téléphoniques européens

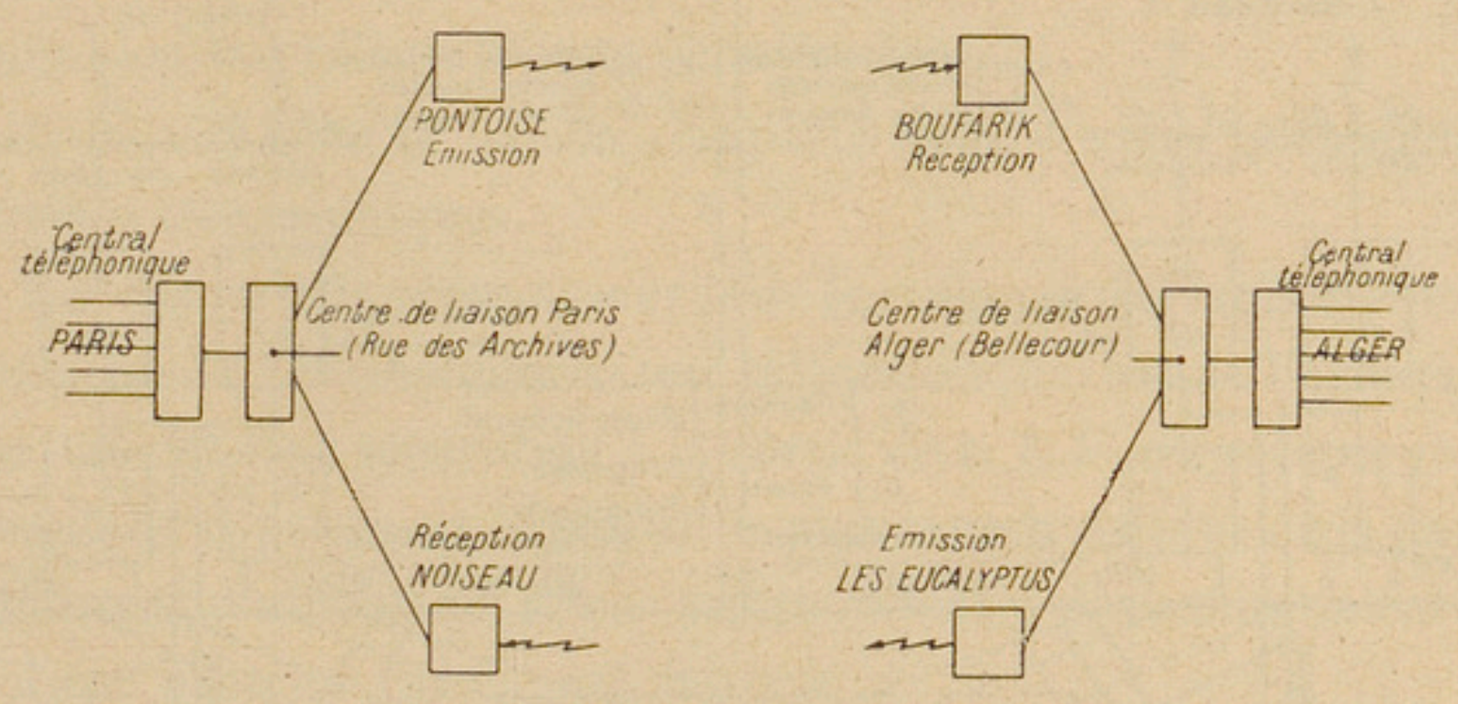


Fig. 1. — Liaison France—Algérie : schéma de principe.

avec ceux de l'Afrique du nord. (Il convient cependant de remarquer que le Maroc est déjà relié radiotéléphoniquement à la métropole par les installations de la compagnie Radio-France, auxquelles seront substituées dans un avenir très rapproché les installations établies par l'administration).

Côté France, les émetteurs et récepteurs se trouvent respectivement aux stations radio-électriques de l'administration des Postes et Télégraphes situées à Pontoise et à Noiseau. Le raccord

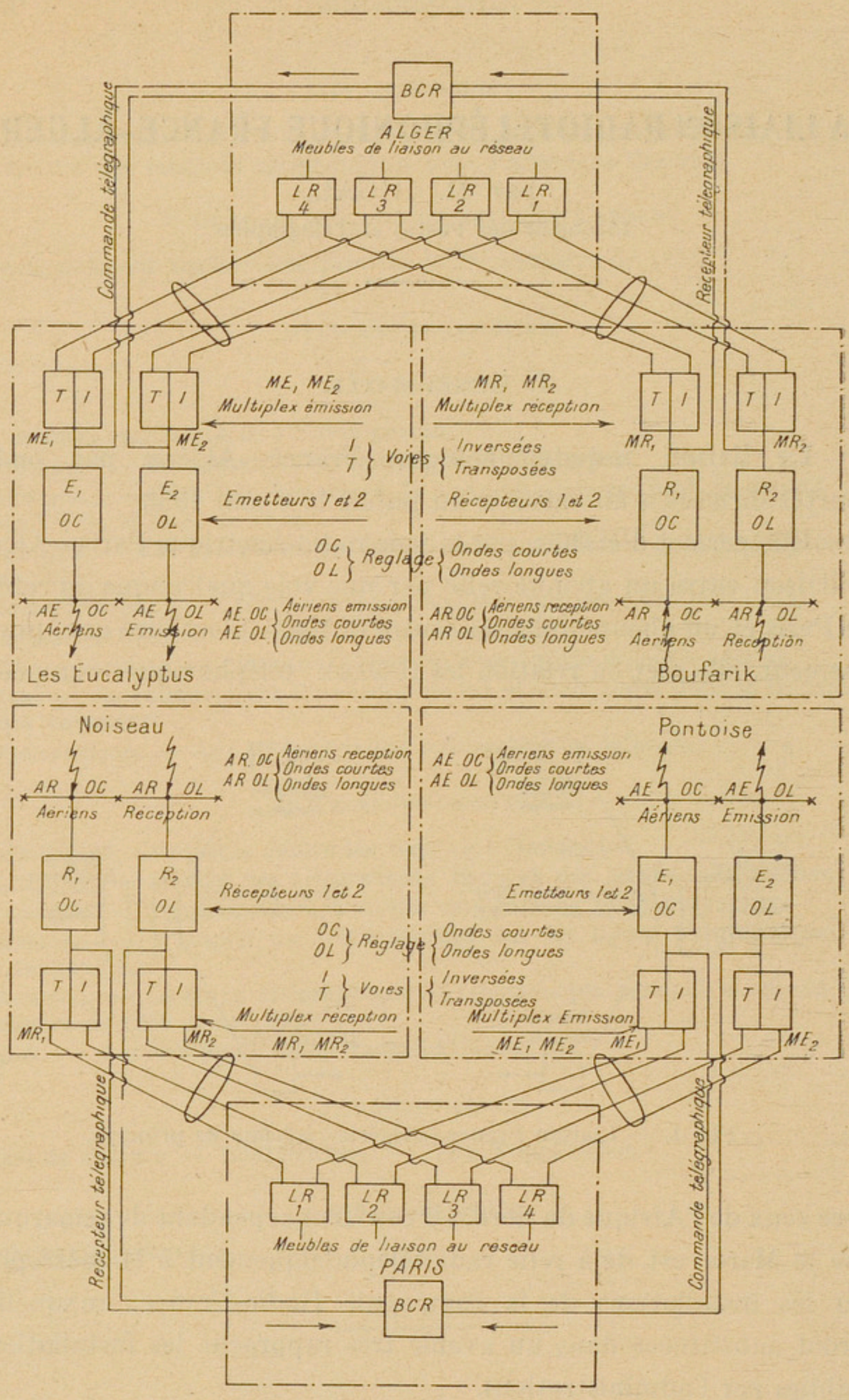


Fig. 2. — Ensemble schématique

entre les installations radio et le réseau téléphonique se fait au centre de liaison établi dans une salle du central interurbain, rue des Archives, à Paris.

En Algérie, le centre d'émission est aux Eucalyptus, le centre de réception à Boufarik, emplacements situés respectivement à environ vingt et trente-cinq kilomètres d'Alger. La liaison au réseau est installée dans les locaux du central Bellecour à Alger.

L'ensemble de l'installation se présente donc sous l'aspect schématique donné par la figure 1.

II. Mélange et secret des conversations.

Meubles multiplex. — Comme le montre le schéma qui constitue la figure 2, la liaison France—Algérie se compose de deux ensembles identiques. Chacun de ces ensembles comportant un émetteur et un récepteur dans chaque centre (Paris ou Alger) permet d'effectuer deux communications radiotéléphoniques et une communication télégraphique simultanées.

L'ensemble de la liaison comporte donc 4 voies téléphoniques et 2 voies télégraphiques.

Les dispositifs prévus pour faire le mélange des trois communications (deux téléphoniques, une télégraphique) avant l'attaque de l'émetteur et leur séparation à la sortie de la B.F. du récepteur correspondant constituent l'élément le plus caractéristique de la liaison. Ils assurent d'ailleurs en même temps le secret des communications.

Leur principe es. exposé ci-après :

Soient A et B les deux circuits téléphoniques correspondant aux deux transmissions à effectuer et aboutissant au centre émetteur.

Nous désignerons par ΣA et ΣB l'ensemble des fréquences acoustiques composant, au moment considéré, le courant microphonique dans les circuits A et B.

On a admis que les fréquences de la parole a transmettre pouvaient être limitées à la bande de fréquences 300 /2400. Cette bande a été reconnue suffisante à une bonne intelligibilité. D'ailleurs les fréquences supérieures à 2400 sont plus ou moins absorbées par les lignes de réseau et les fréquences inférieures à 300 qui concourent

peu à l'intelligibilité auraient consommé une grande partie de l'énergie de modulation au détriment des fréquences plus utiles.

Dès lors la méthode consiste :

A. *A l'émission.* — 1° Pour la voie dite *inversée*,

a) A ne garder de la communication ΣA que les fréquences

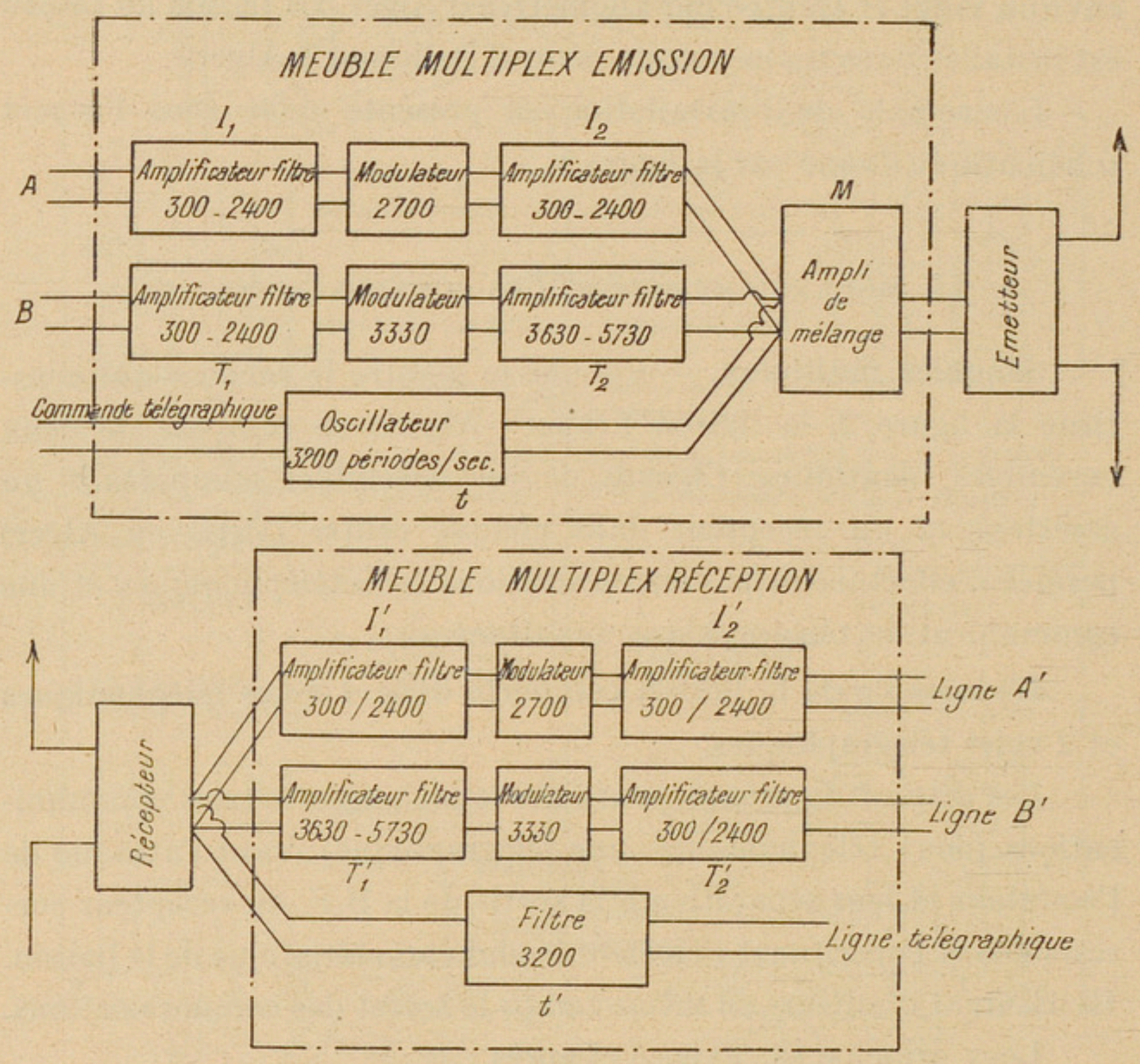


Fig. 3. — Schéma de principe des dispositifs de mélange et de secret à l'émission et à la réception.

comprises dans l'intervalle 300/2400 (figure 4 (1)). Ce résultat est obtenu par filtrage.

b) A faire battre ces fréquences avec la fréquence pure 2700 fournie par un oscillateur local dit modulateur. On obtiendra ainsi les deux bandes (2700 + (300/2400)) et (2700 — (300/2400)).

c) A éliminer par filtrage la bande supérieure. Subsistera donc la bande (2700 — 300/2400)) ou (2400/300), dite bande inversée (figure 4 (2)).

2° Pour la voie dite *transposée*,

a) A ne garder de la communication ΣB que les fréquences comprises entre 300 /2400 (figure 5 (1)).

b) A faire battre ces fréquences avec la fréquence 3330 donnée par un oscillateur local dit modulateur. On obtient ainsi les deux bandes de fréquence (3.330 + (300 /2400)) et (3.330 — (300 /2400)).

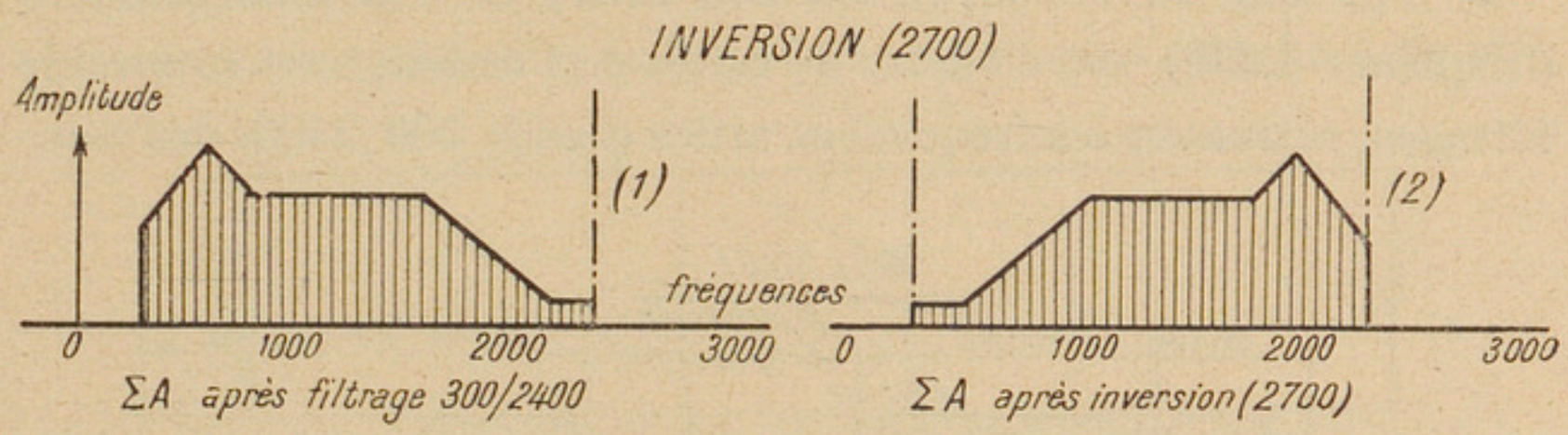


Fig. 4.

c) A éliminer par filtrage la bande inférieure. Subsistera donc la bande (3.330 + (300 /2400)) ou (3.630 /5730) dite bande transposée (figure 5 (2)).

3° A mélanger la bande inversée et la bande transposée entre elles et avec la modulation télégraphique.

Cette modulation télégraphique est fournie par un oscillateur

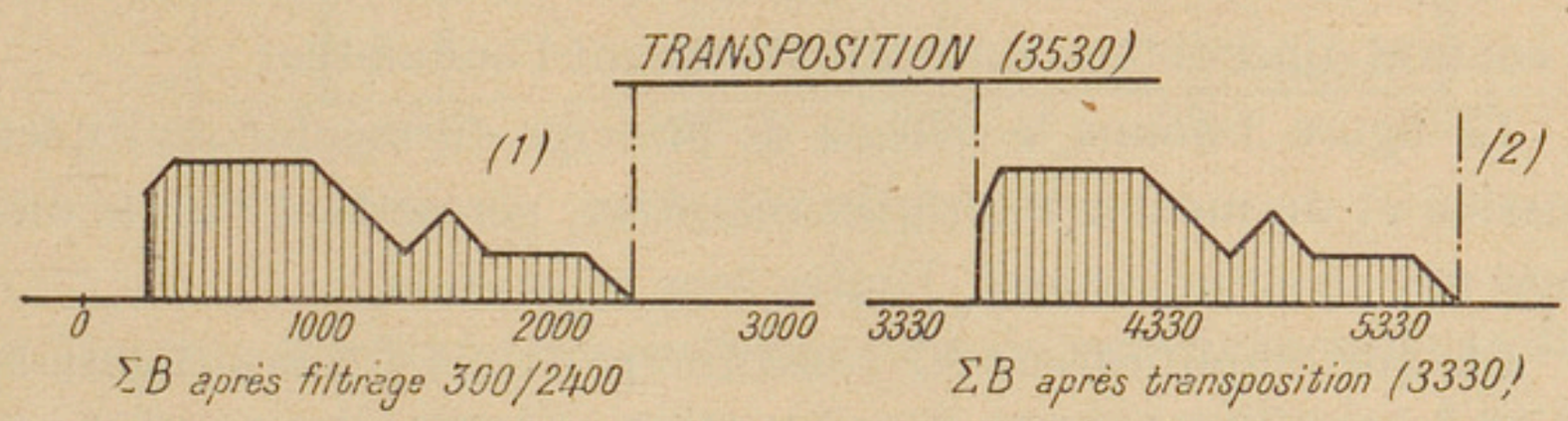


Fig. 5.

donnant une fréquence de travail d'environ 3.250 p : s, filtrée avant mélange, par un filtre ayant une bande passante totale de 100 p : s.

Un relais télégraphique commandé à partir du bureau central radiotélégraphique fait varier suivant la manipulation la fréquence des signaux émis par l'oscillateur. La fréquence de repos est assez éloignée (200 périodes) de la fréquence de travail pour être arrêtée par le filtre télégraphique.

4° A attaquer simultanément par les signaux compris dans les

trois bandes obtenues un amplificateur constitué par une lampe dite lampe mélangeuse. Le mélange ainsi obtenu (figure 6) est dirigé vers la modulation de l'émetteur.

B. *A la réception.* — 1° A la sortie de la B.F. du récepteur, à séparer par filtrage les deux bandes téléphoniques et la modulation télégraphique.

2° Par une inversion (fréquence 2700) et une transposition (fréquence 3.330), symétriques de celles de l'émission et suivies de filtrages, retrouver les fréquences utiles (bande 300 /2400) des com-

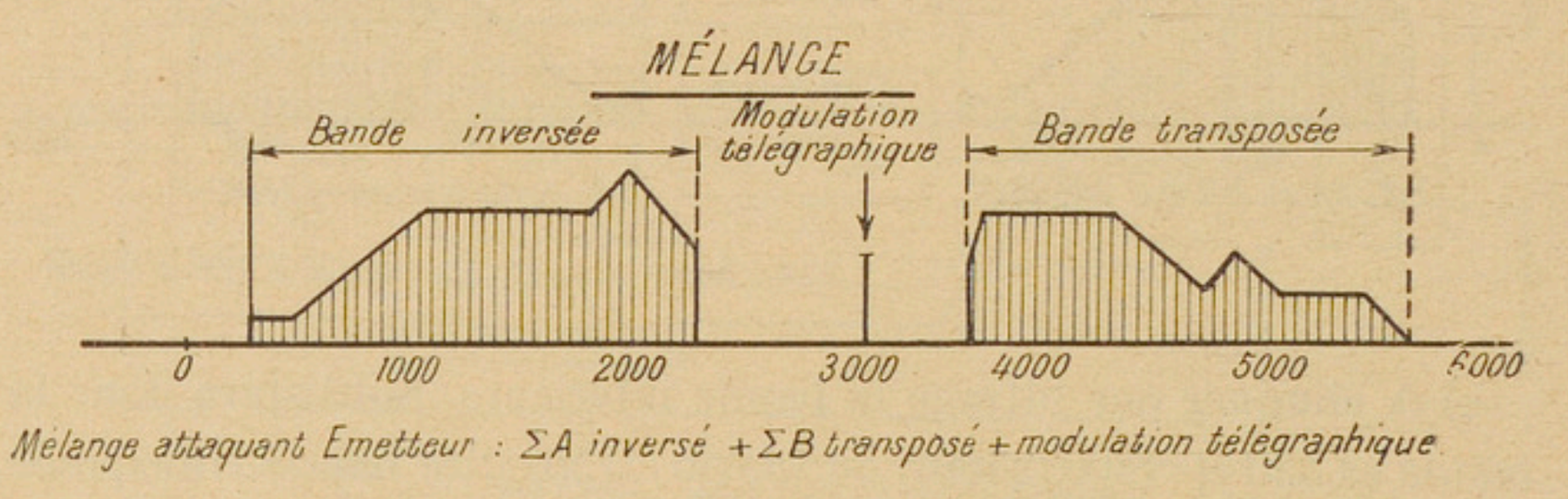


Fig. 6.

munications ΣA et ΣB et les diriger sur les circuits A' et B' correspondant aux circuits A et B.

3° Détecter la modulation télégraphique et commander à l'aide du courant ainsi obtenu un relais attaquant l'ondulateur.

La figure 3 donne le schéma de principe du meuble multiplex émission et du meuble multiplex réception, permettant l'un le mélange des communications, l'autre leur séparation.

Chaque amplificateur est constitué par trois cellules (figure 8) calculées de façon à donner une distorsion de fréquence inférieure à + 1,5 décineper. Les cellules sont montées en M et les impédances d'entrée et de sortie adaptées pour obtenir une fidélité d'amplification convenable.

La figure 7 donne la courbe de distorsion de l'ensemble des 2 amplificateurs filtres qui constituent la voie inversée du meuble multiplex n° 2 de Pontoise. On a porté en abscisse les fréquences d'entrée et en ordonnée les affaiblissements relatifs en décinépers.

Le principe appliqué du mélange des conversations paraît en lui-même séduisant. On conçoit néanmoins que des précautions

spéciales doivent être prises pour éviter toute diaphonie de voie à voie. Cette diaphonie comporte en effet non seulement la gêne qui lui est propre, mais a de plus, pour la liaison qui nous occupe, l'inconvénient bien plus grave de faire agir de façon intempestive les blocages du meuble de liaison au réseau relatif à la communication diaphonée, qui se trouve ainsi hachée et rapidement inintelligible.

Pour éviter toute intermodulation entre les fréquences des deux voies téléphoniques et la voie télégraphique, on s'attache à ne tra-

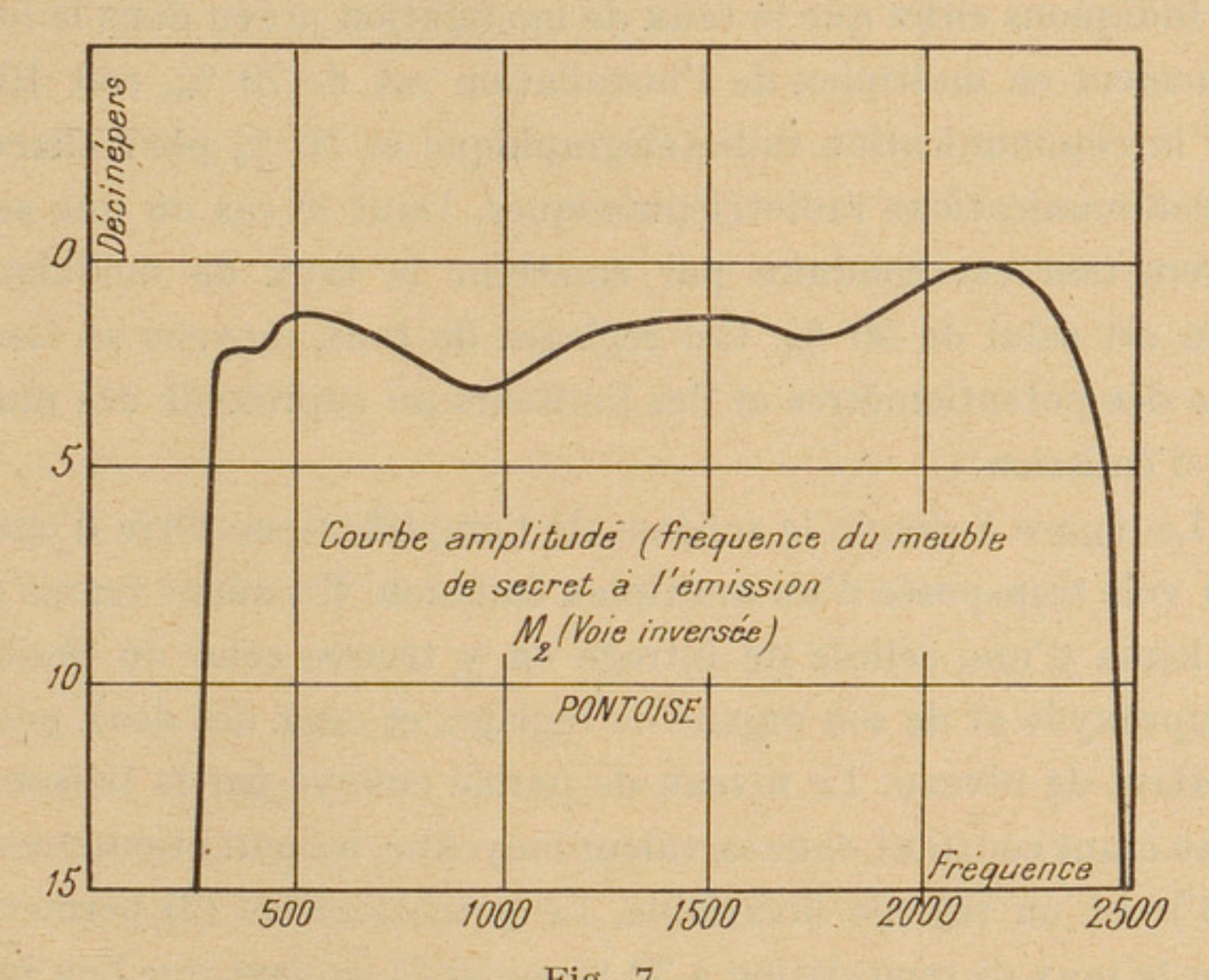


Fig. 7.

vailler que sur des caractéristiques rigoureusement rectilignes dans toute leur partie amplificatrice, après le meuble multiplex à l'émission et avant le meuble multiplex à la réception.

Dans ce but, à l'émission, des dispositifs au cuproxyde ont été ménagés sur chaque voie téléphonique pour que la superposition des trois voies demeure linéaire. A la réception, une détection de puissance, linéaire, est disposée à la sortie de la moyenne fréquence du récepteur vers le meuble de secret.

Ces précautions étant prises, la diaphonie de voie à voie mesurée à la sortie de l'émetteur a été trouvée inférieure à cinq népers.

Mais dans certaines conditions défavorables il subsiste néan-

moins une diaphonie, qui, par moment, devient très gênante. C'est celle produite en cours de propagation par l'action du fading sélectif, qui affecte de façon différente les fréquences transmises à l'émission : fréquence porteuse et fréquences constitutives des bandes latérales.

Des essais sont en cours qui ont pour but de remédier à la gêne ainsi, parfois, apportée. Au prix de quelques modifications du matériel ils paraissent devoir donner satisfaction.

Indiquons enfin que le taux de modulation prévu dans le fonctionnement en multiplex de l'installation est de 70 %, soit 10 % pour la communication radiotélégraphique et 30 % pour chacune des communications radiotéléphoniques. Dans le cas où une seule conversation est conduite par émetteur le taux de modulation prévu est celui de 50 %. Ces réglages de taux moyens se font à l'aide des potentiomètres et des limiteurs au cuproxyde des multiplex d'émission.

La figure 8 donne le schéma de l'amplificateur filtre d'entrée de la voie transposée d'un multiplex émission. En même temps que le schéma d'une cellule de filtrage on y trouve celui du limiteur au cuproxyde et de son organe de réglage, et ceux des deux potentiomètres de niveau. Le niveau de parole envoyé par la liaison au réseau étant constant dans sa valeur moyenne, les potentiomètres (1) et (3') ont un réglage invariable. Le potentiomètre (2) permet de régler le taux de modulation à 30 % ou 50 % suivant que l'on fonctionne à une voie ou en mutliplex.

Secret. — Dans le système considéré le secret est assuré par la transposition de l'une des bandes et par l'inversion de l'autre.

L'un et l'autre procédé assurent l'inintelligibilité en changeant les fréquences originales constituant la parole. Leur efficacité est augmentée dans la marche en multiplex par le brouillage qui résulte du mélange des deux communications téléphoniques et de la communication télégraphique.

La première communication téléphonique (transposée) occupe le spectre de fréquences : (3.330 + 300) à (3.330 + 2.400) .

La deuxième communication téléphonique (inversée) occupe

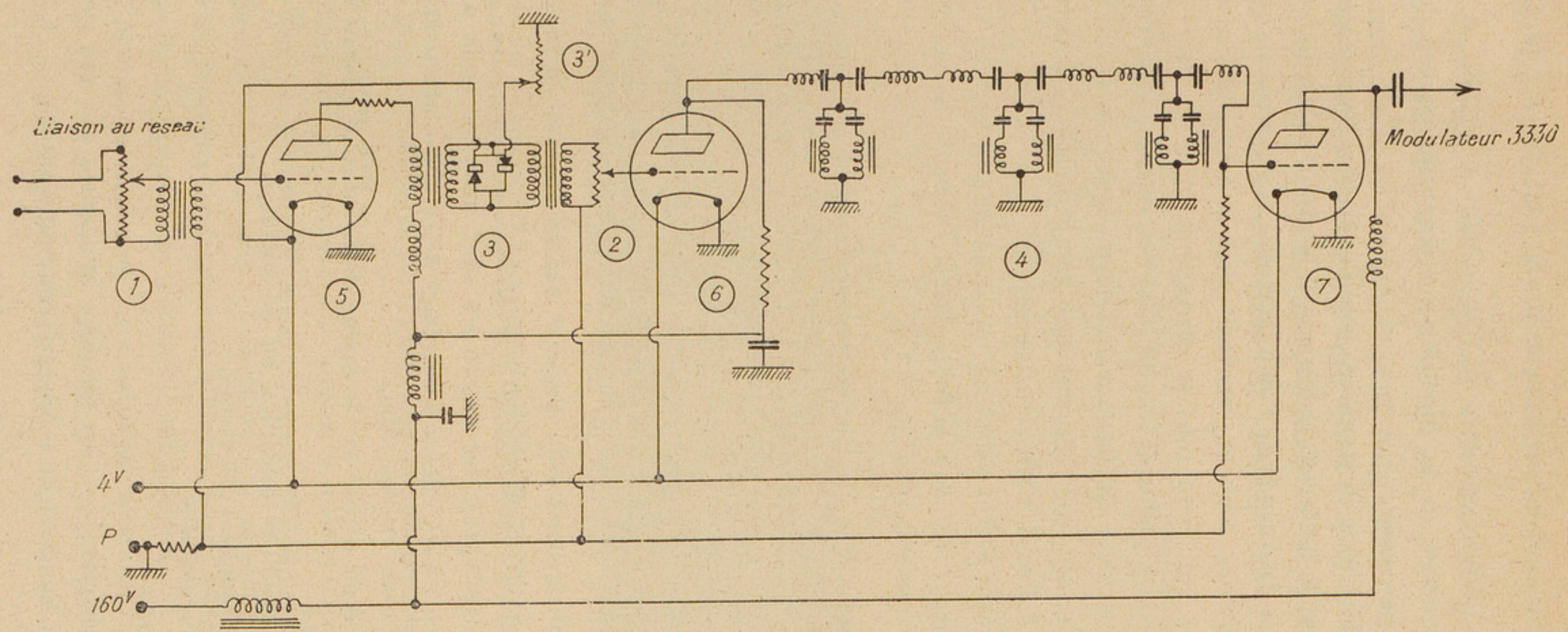


Fig. 8. — Amplificateur filtre d'entrée de la voie transposée d'un multiplex émission

le spectre de fréquences : (2.700 — 300) à (2.700 — 2.400).

La fréquence de la modulation télégraphique est de 3.250 périodes par seconde.

Pour déchiffrer la première communication (transposée) sans posséder tout le matériel de filtrage, il faudrait un oscillateur local accordé sur la fréquence de l'onde porteuse augmentée ou diminuée de 3.330 périodes. Mais on recevrait alors la manipulation télégraphique avec une note ronflée correspondant à (3.330 — 3.250) périodes, des composantes résultant de l'interférence des fréquences téléphoniques avec la fréquence télégraphique et enfin les fréquences de l'autre conversation dont toutes les fréquences seraient décalées de 3.330 — 2.700 = 630 périodes.

Pour déchiffrer la deuxième communication (inversée) avec un oscillateur local réglé sur la fréquence 2.700, on se heurterait à des difficultés du même ordre.

III. Emission.

Nous avons vu qu'en France le centre d'émission est à Pontoise, en Algérie aux Eucalyptus.

A Pontoise, les émetteurs sont installés dans le bâtiment dit France—Algérie ou bâtiment du général Ferrié, qui, outre les installations décrites, contient un poste à ondes moyennes, deux émetteurs faisant le service de l'agence Havas et pour lequel toutes possibilités d'extension ont été ménagées.

Aux Eucalyptus, les émetteurs sont installés dans un bâtiment construit à cet effet, au voisinage de celui qui abrite la station de radiodiffusion Radio—Alger.

Le matériel utilisé est le même dans l'une et l'autre station. Il comporte :

1° deux meubles multiplex ou de secret,

2° deux ensembles émetteurs,

3° les alimentations,

4° les aériens.

1° Multiplex. — Les meubles multiplex ont été décrits à propos du mélange et du secret des communications.

2° **Emetteurs.** — Les deux ensembles émetteurs d'un même centre sont identiques.

Chacun des deux émetteurs peut fonctionner sur une onde voisine de 25 mètres ou sur une onde voisine de 33 mètres.

La puissance d'alimentation prise au réseau est de 85 kilowatts par poste. La puissance fournie à l'antenne est de 10 kVA

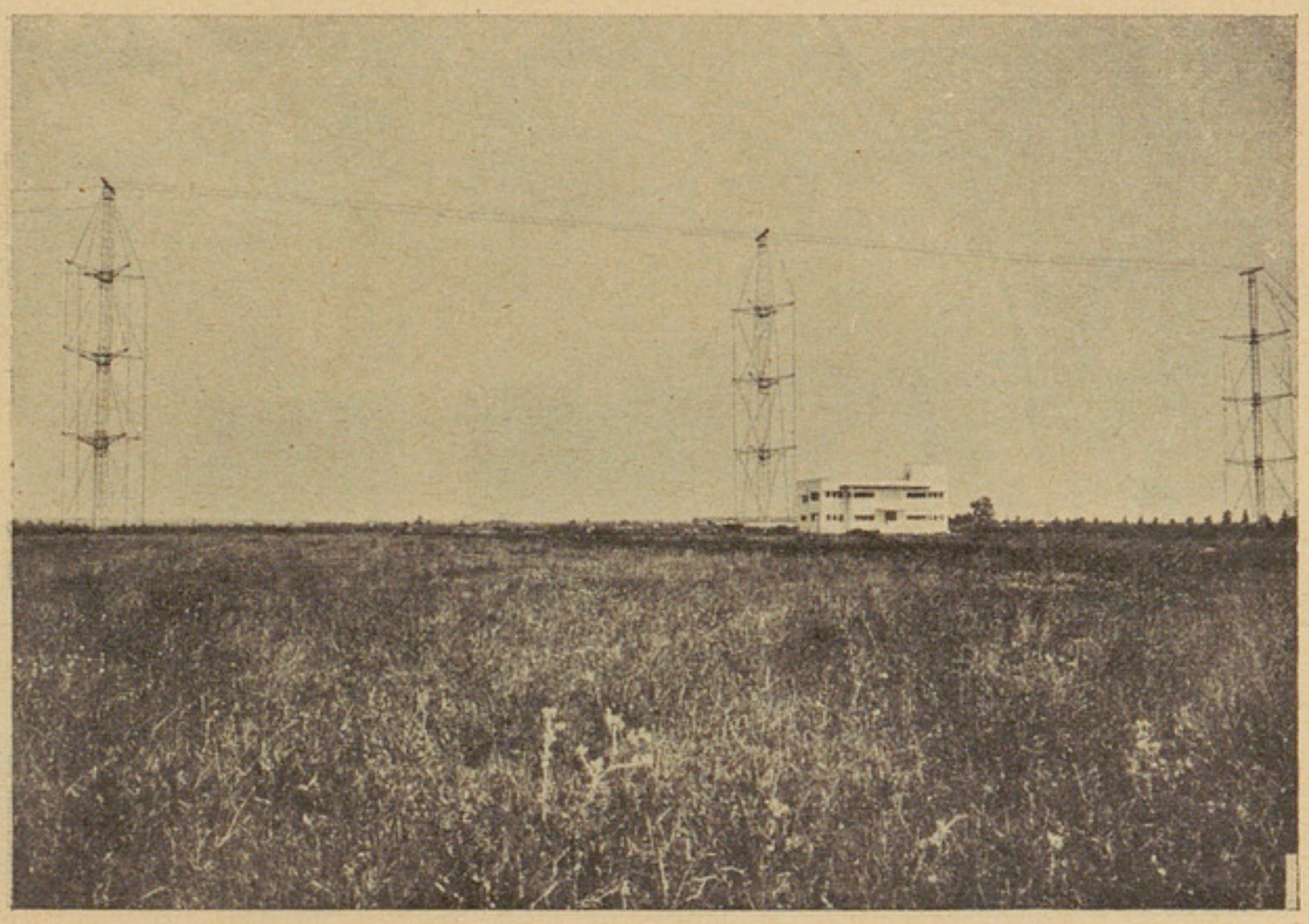


Fig. 9. — Le centre d'émission des Eucalyptus.

Derrière le bâtiment abritant les ensembles émetteurs, on voit les 3 pylônes à haubannage réduit supportant les 2 aériens du type Chireix-Mesny.

La mise en marche et l'arrêt sont commandés automatiquement à partir d'un pupitre.

L'émetteur proprement dit comporte quatre meubles juxtaposés : deux de commande, respectivement réglés sur les ondes de 25 mètres et de 33 mètres et fonctionnant alternativement, un meuble de puissance fonctionnant en liaison avec l'un ou l'autre des meubles de commande, un meuble de modulation.

A. *Meuble de commande.* — Chaque meuble de commande est constitué par un meuble en acier zingué ayant 1,15 m de large, 1,40 m de profondeur, 2,30 m de haut.

A la partie inférieure du meuble sont disposés :

a) L'étage stabilisateur équipé avec une triode E 27 et un quartz piézo-électrique. Une grande stabilité de fréquence est obtenue en enfermant le quartz dans un thermostat dont la température est maintenue automatiquement fixe à 1/2 degré près, et en faisant d'autre part travailler la lampe bien au-dessous de son régime normal.

b) Deux étages de doublage comportant chacun deux triodes

Fig. 10. — Les deux ensembles d'émission de la station des Eucalyptus.
Chacun des ensembles comporte 4 meubles juxtaposés ;
au premier plan, sont les 2 pupitres de commande ;
entre les 2 pupitres et contre le pilier, un ondemètre.

E. 253, polarisées très négativement, qui donnent pour l'un des meubles la fréquence correspondant à l'onde de 25 mètres pour l'autre la fréquence correspondant à l'onde de 33 mètres. (La fragilité du quartz interdisant de lui donner une épaisseur trop réduite, il n'est pas possible d'obtenir immédiatement les fréquences correspondant à des ondes aussi courtes (1).

---

1. *Remarque.* — La fréquence de vibration du quartz est liée à son épaisseur par la formule :

$$f = \frac{2.750}{e}$$

f étant exprimé en kilocycles par seconde et e en millimètres.

c) Un étage d'amplification neutrodyné comportant 4 triodes E. 303 montées en parallèle 2 à 2.

A la partie supérieure de ce meuble est placé un troisième étage d'amplification équipé avec deux triodes E. 956 M et qui débite une puissance de l'ordre du kilowatt.

B. *Meuble de puissance.* — Ce meuble en acier zingué a les mêmes

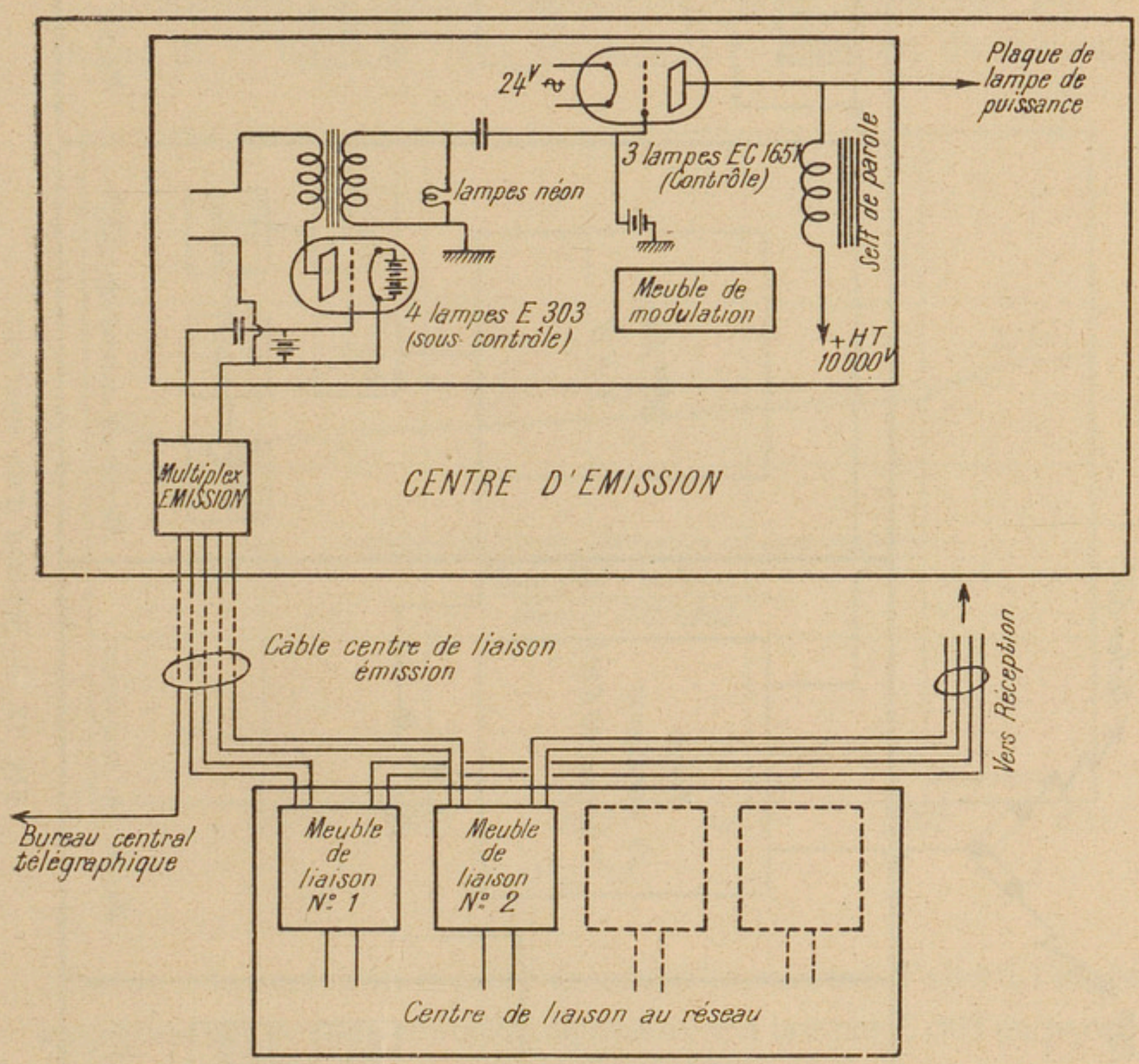


Fig. 11. — Schéma du circuit de modulation. Etages de sous-contrôle et de contrôle.

dimensions que le précédent. Il contient un étage d'amplification neutrodyné, équipé avec deux lampes à circulation d'eau, et dont la tension d'anode est de 10.000 volts.

Deux réglages repérés à l'avance permettent d'accorder l'étage amplificateur de grande puissance sur l'une ou l'autre onde et de le mettre au bout de l'un ou l'autre des ensembles de commande.

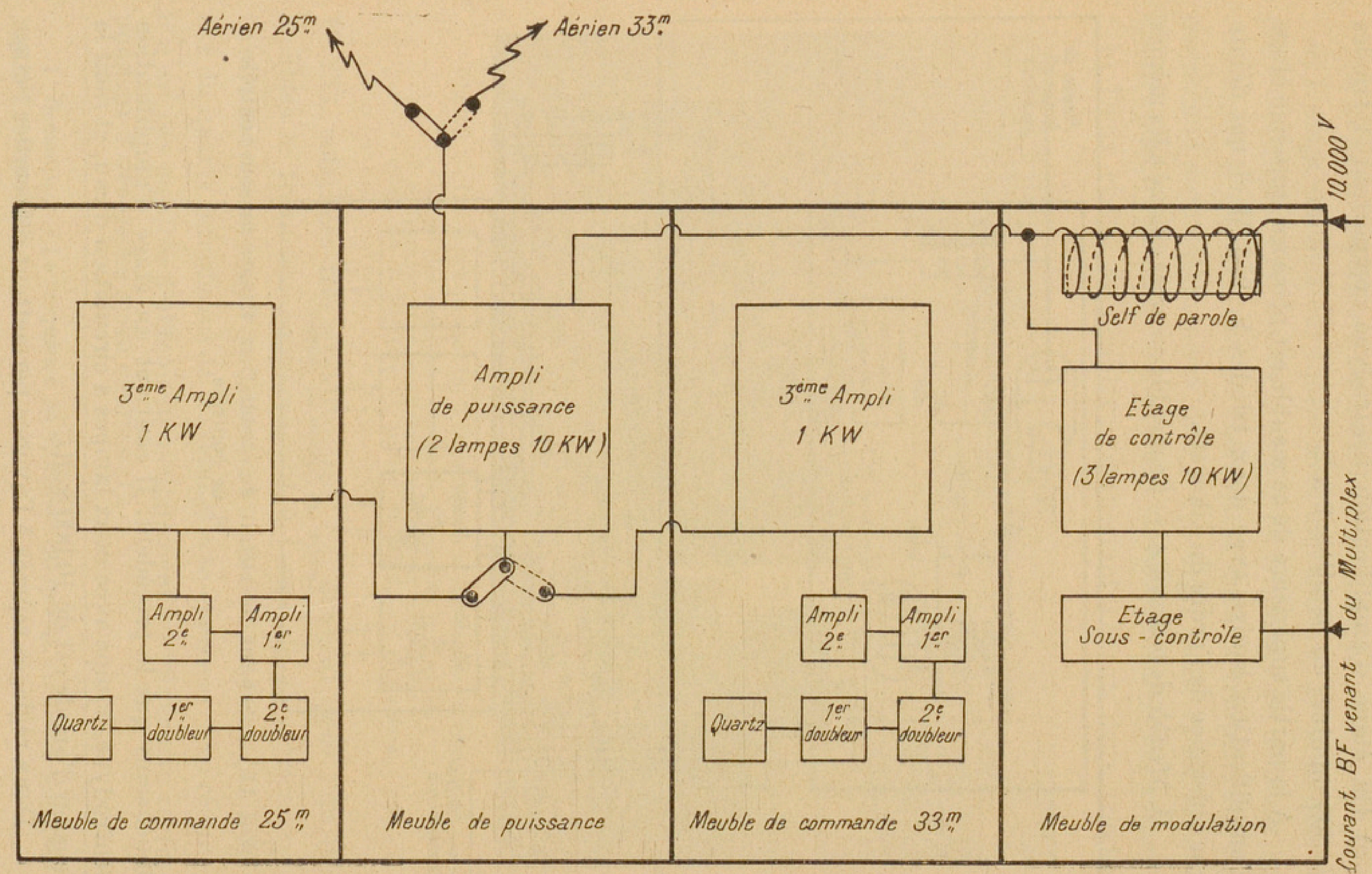


Fig. 12. — Schéma d'un émetteur.

C. *Meuble de modulation.*— Ce meuble est de mêmes dimensions que les précédents. Il contient les étages dits de sous-contrôle et de contrôle qui amplifient les fréquences acoustiques venant du meuble multiplex.

La modulation est effectuée par contrôle d'anode des lampes à circulation d'eau de l'étage de puissance.

L'ensemble du circuit de modulation est représenté par le schéma de la figure 11 : Les courants B.F. résultant du mélange

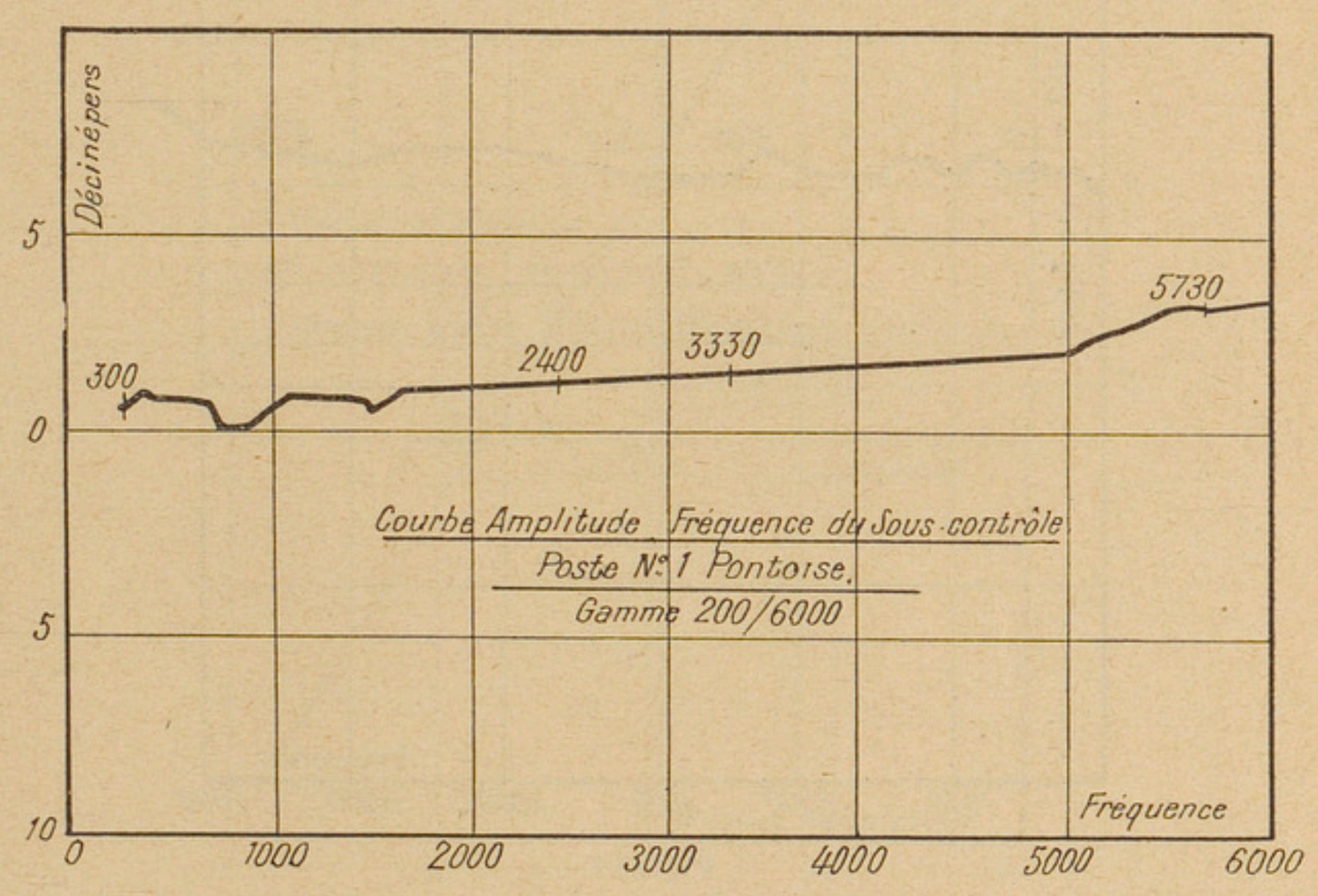


Fig. 13.

effectué à la sortie du meuble de secret traversent d'abord l'étage amplificateur de sous-contrôle, équipé avec 4 lampes E.303 en parallèle. Cet étage attaque le circuit de grille de l'étage de contrôle par l'intermédiaire d'un transformateur qui porte en dérivation sur son enroulement secondaire, six ou sept lampes au néon fonctionnant en limiteur du taux de modulation.

L'étage de contrôle comprend trois lampes EC 1651 à circulation d'eau, en parallèle. Les tensions grille de ces trois lampes peuvent se régler indépendamment.

L'étage de contrôle agit pour moduler l'émission par l'action de la self de parole, en série sur l'alimentation 10.000 volts commune

aux trois lampes de l'étage de contrôle et aux deux lampes de l'étage de puissance.

Pour éviter une trop grande distorsion sur les fréquences de modulation, cette self doit avoir une très grande valeur. Dans le

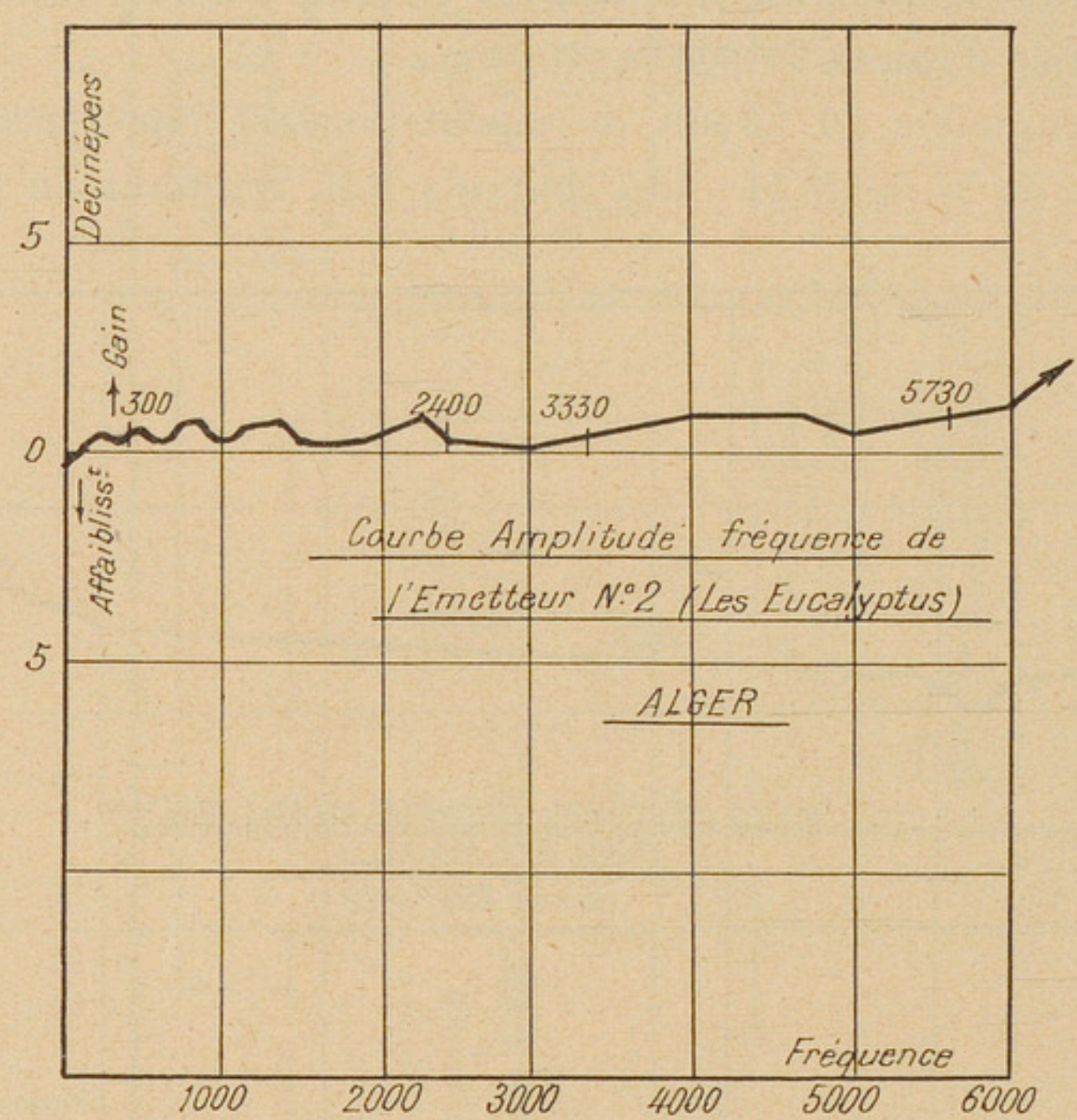


Fig. 14.

cas présent elle est de l'ordre de 40 henrys, décomposée en dix sections de 4 henrys.

La figure 12 donne le schéma d'un émetteur et la disposition relative réelle des meubles constitutifs.

D. *Quelques courbes caractéristiques de l'émetteur.* — Nous donnons à titre d'exemples (fig. 11, 12 et 13) :

a) La courbe amplitude-fréquence donnant la distorsion présentée par l'étage sous contrôle du poste émetteur n° 1 de Pontoise (figure 13). On a porté en abscisse les fréquences d'attaque allant de 200 à 6.000, en ordonnée, le niveau relatif de la tension d'attaque du circuit de grille des lampes modulatrices.

On voit que la distorsion à l'intérieur de la gamme inversée est

inférieure à 1 décinéper, celle relative à la voie transposée inférieure à 1,5 décinéper.

b) La courbe amplitude-fréquence de l'ensemble émetteur n° 2 du centre des Eucalyptus (figure 14). En abscisse, les fréquences d'attaque à niveau invariable du sous-contrôle ; en ordonnée, la

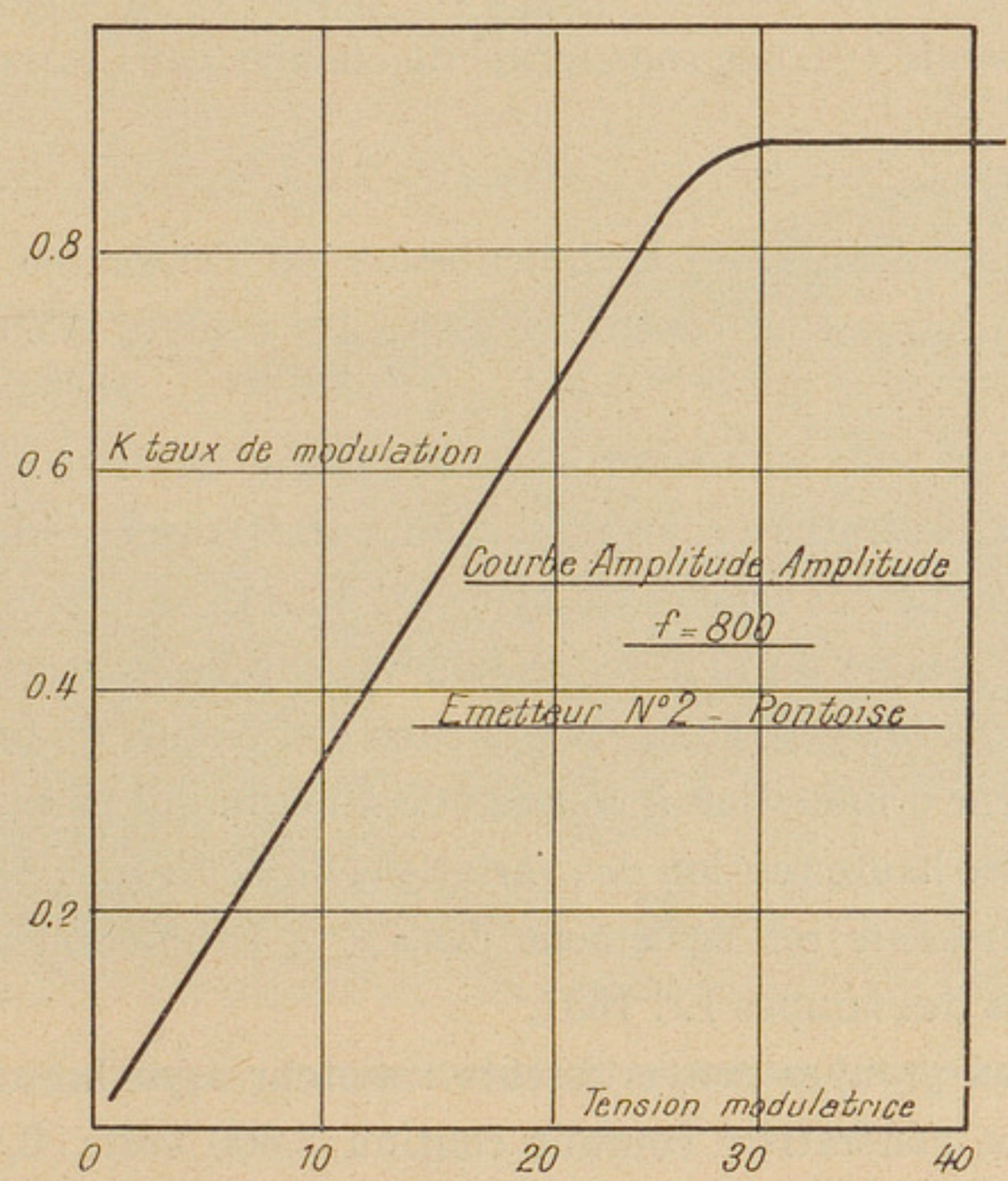


Fig. 15.

distorsion relative en décinépers, déduite de la mesure directe du taux de modulation, par l'emploi du voltmètre de crête.

La distorsion dans l'une ou l'autre voie est inférieure à 1 décinéper.

c) La courbe amplitude relative à l'émetteur n° 2 de Pontoise, tracée pour la fréquence 800 (figure 15). En abscisse, la tension modulation à l'entrée du sous-contrôle ; en ordonnée, le taux de modulation mesuré au voltmètre de crête.

On voit que la distorsion en amplitude est négligeable tant que le taux de modulation n'excède pas 80 %.

L'apparence de saturation qui se produit pour les plus grandes

valeurs de la tension d'attaque, résulte de l'allumage des lampes au néon, qui shuntent alors le secondaire du transformateur d'attaque par une dérivation peu résistante.

d) Le rendement du dernier étage de puissance mesuré par une méthode de pertes séparées a été trouvé de l'ordre de 70 %. Ce chiffre paraît élevé : il faut préciser qu'il a été obtenu en ne tenant compte que de l'énergie évacuée sous forme de chaleur par l'eau de réfrigération.

3° **Alimentation.** — L'alimentation de l'ensemble des deux émetteurs d'un même centre nécessite les sources d'énergie suivantes :

A. Deux groupes convertisseurs : moteur triphasé asynchrone 550 volts et génératrice courant continu : 10.000 volts, 40 kilowatts. (Tension plaque des triodes du type EC 1651).

B. Un groupe de redressement à vapeur de mercure, dodécaphasé, de 40 kilowatts, comprenant dans son circuit d'alimentation un régulateur d'induction à commande à main, qui permet de produire du côté haute tension des variations de ± 15 %.

Ce redresseur est également destiné à l'alimentation plaque 10.000 volts des lampes EC 1651.

C. Deux groupes convertisseurs : moteur asynchrone triphasé 550 volts et génératrice courant continu 3.500 volts, 0,9 ampère et 1.750 volts, 1,1 ampère.

Le 3.500 volts est destiné à la tension plaque des triodes du type E 956 M.

Le 1.750 volts alimente le potentiomètre qui donne les tensions plaque des petits étages des meubles de commande.

D. Deux groupes convertisseurs : moteur triphasé 550 volts et génératrice à courant continu 1.500 volts, 0,4 ampère. (Tension de grille nécessaire aux triodes modulatrices EC 1651).

E. Deux groupes convertisseurs : moteur asynchrone triphasé 550 volts, génératrice courant continu 500 volts, 1,5 ampère et génératrice courant continu 110 volts, 7 ampères.

Le 500 volts alimente un potentiomètre où sont prises les tensions grille des lampes des étages de commande et de sous-contrôle.

La génératrice 110 volts est l'excitatrice des machines ci-dessus.

F. Deux transformateurs abaisseurs de tension, monophasés (550 volts/24 volts) utilisés pour le chauffage des filaments des lampes EC 1651.

G. Deux transformateurs abaisseurs de tension, monophasés,

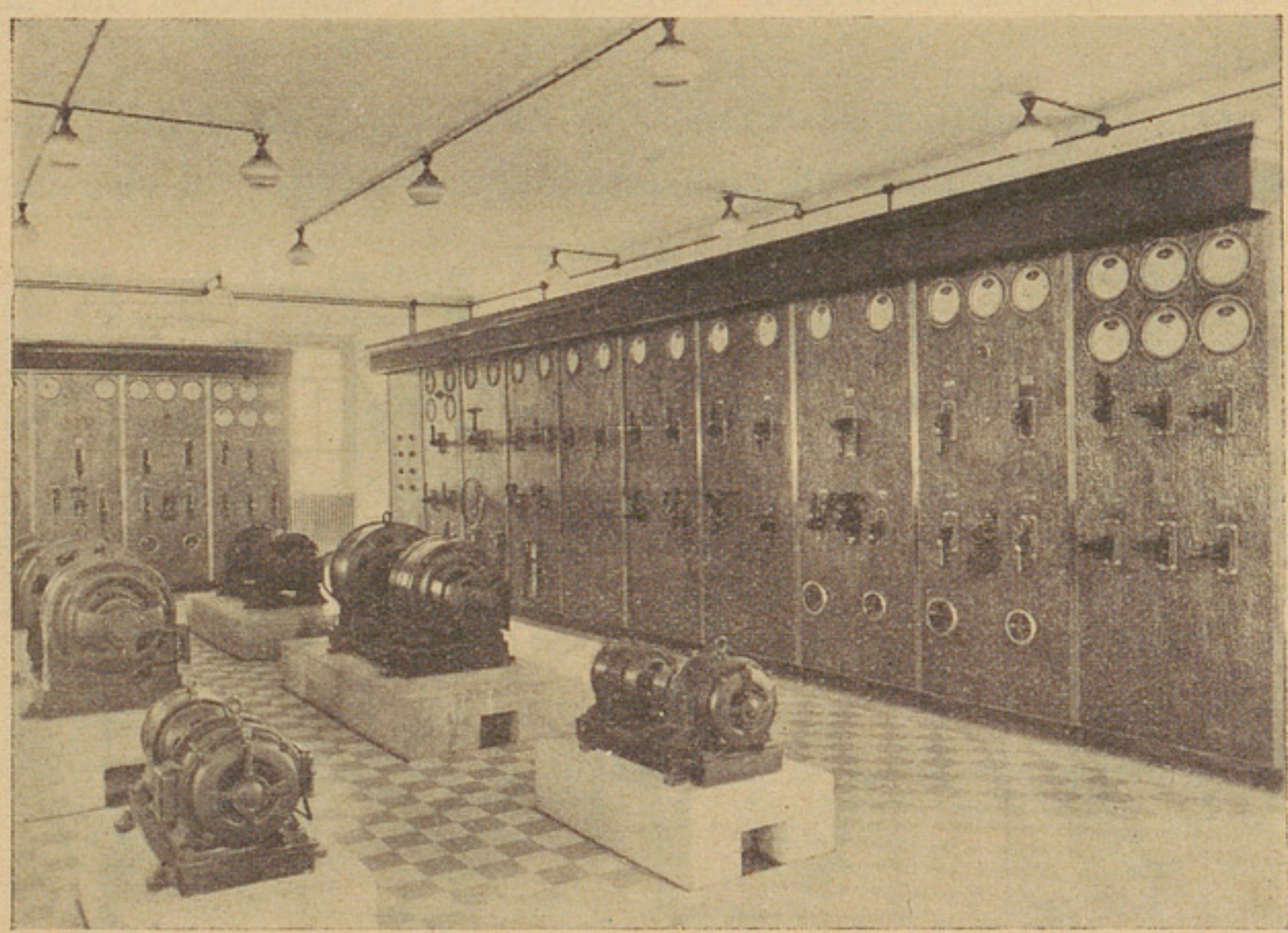


Fig. 16. — Le tableau d'alimentation de la station d'émission de Pontoise.

(550 volts/16 volts) pour le chauffage des filaments des triodes E. 956 M.

H. Deux batteries d'accumulateurs 120 éléments 20 ampères-heure.

I. Deux batteries d'accumulateurs 8 éléments 2500 ampères-heure.

Ces installations supposent que l'énergie amenée à la station d'émission en haute tension a été abaissée à 550 volts pour l'alimentation des moteurs asynchrones et l'attaque des transformateurs de chauffage.

On voit que l'alimentation 10.000 volts est prévue en triple, le redresseur à vapeur de mercure pouvant être substitué à l'une ou l'autre génératrice 10.000 volts.

Le redresseur à vapeur de mercure à cathode froide a l'avantage de ne pas comporter de machines tournantes et d'être attaqué directement par transformateurs. Mais pour permettre les démarrages sous tension réduite, nécessaires à la bonne conservation des lampes, il faut lui adjoindre un régulateur d'induction.

Un ensemble redresseur dodécaphasé est schématisé sur la figure 17.

Dans la réalité il se compose de trois cuves en fonte, l'une contenant les enroulements transformateurs d'attaque, et chacune

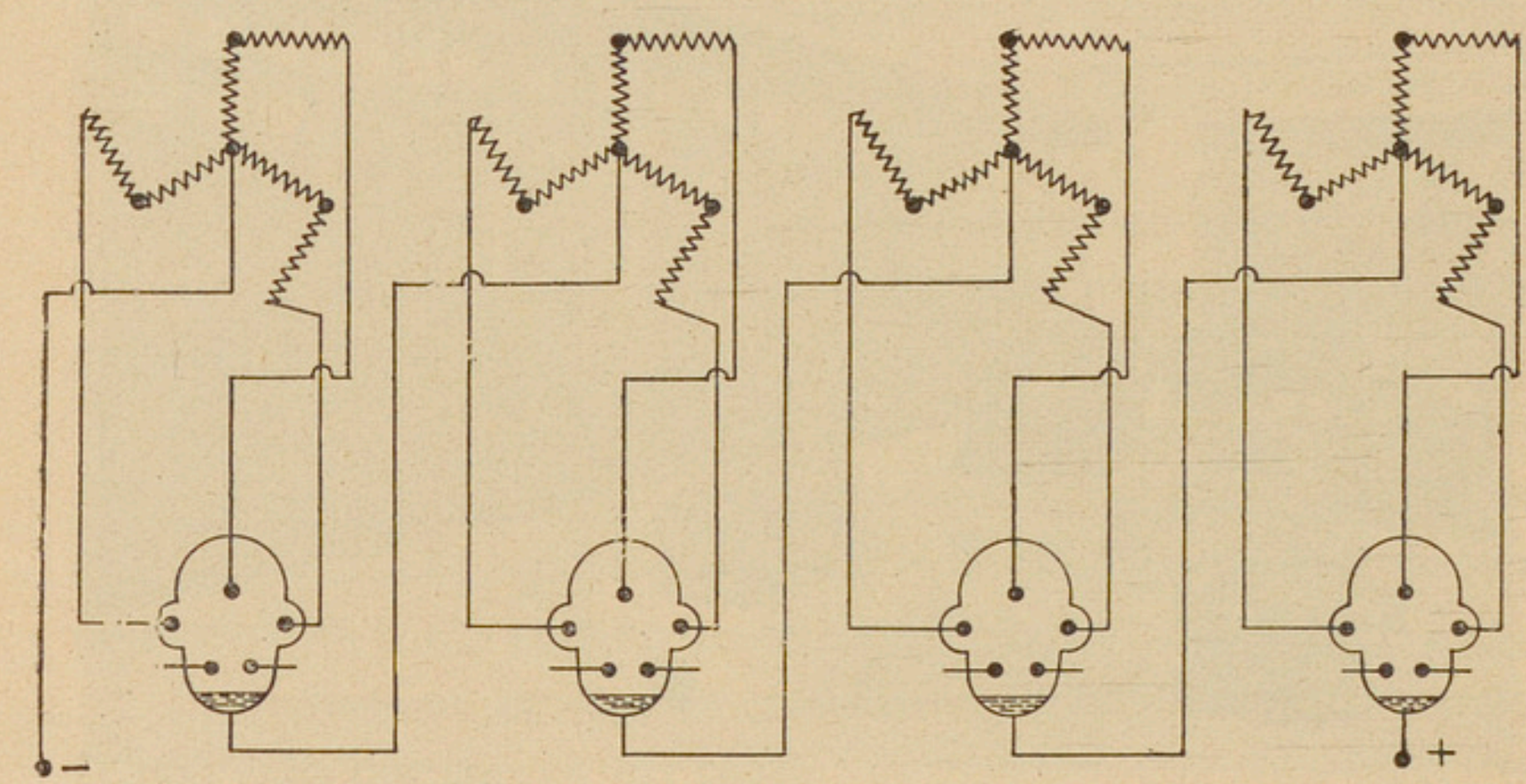


Fig. 17. — Redresseur à vapeur de mercure à cathode froide.

des deux autres, deux ampoules baignant dans l'huile. La tension redressée par chaque ampoule est de 2.500 volts.

La chute de tension entre la marche à vide et la marche en charge est d'environ 6 % (due pour la plus grande part aux fuites des transformateurs, car la chute de tension dans les quatre ampoules n'est pas supérieure à 80 volts).

L'alimentation par redresseur paraît constituer le stade actuel de la technique. Les dispositifs de redressement par valves, dont le rendement n'excédait guère 75 % sont aujourd'hui complètement abandonnés.

4° Aériens et feeders. — Les deux stations d'émission sont équipées chacune avec des aériens projecteurs du type Chireix-Mesny, reliés aux émetteurs par feeders tubulaires.

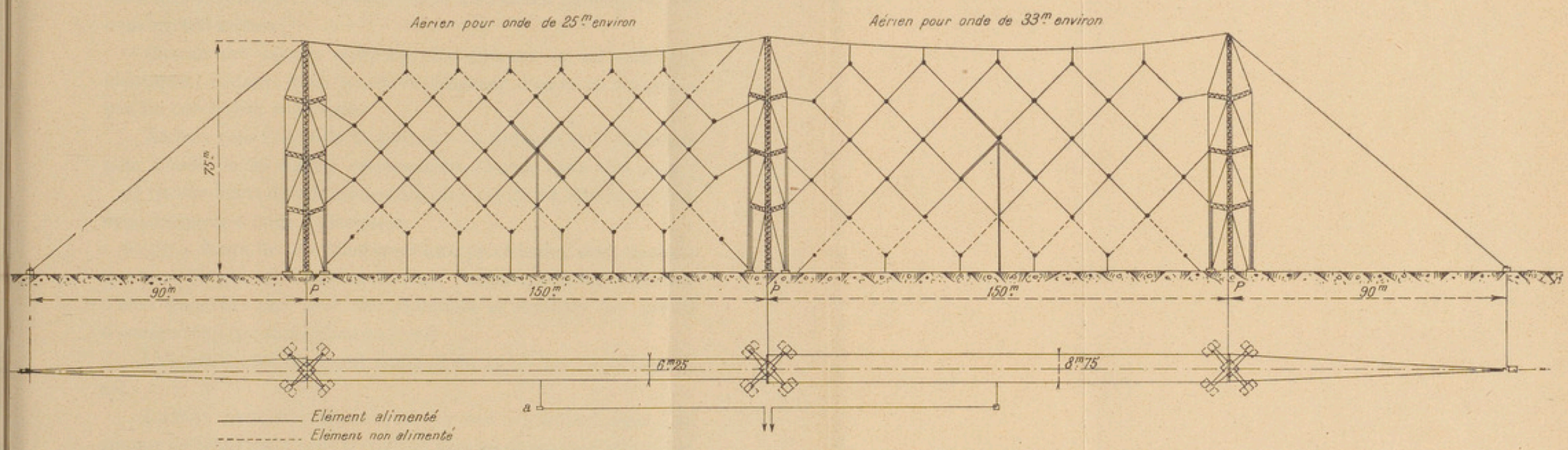


Fig. 18. — Aérien projecteur Chireix-Mesny pour 2 longueurs d'onde de 25m et 33m.

P, pylone à haubanage réduit de 75m de hauteur
a, boîte de couplage du feeder à l'aérien.

A. *Les aériens.* — Les aériens sont établis pour permettre l'émission sur les deux longueurs d'onde : 25 mètres et 33 mètres (figure 18).

Chacun de ces aériens est supporté par trois pylônes à haubannage réduit, hauts de 75 mètres, alignés et distants de 150 mètres.

Les traversiers qui supportent les aériens sont amarrés d'une part en tête du pylône du milieu, d'autre part par des massifs d'ancrage, situés à 90 mètres de part et d'autre des pylônes extrêmes, dans leur alignement. L'encombrement de l'aérien en longueur est donc de 480 mètres.

Chacun des aériens comporte une antenne et un réflecteur identiques, distants d'un quart de longueur d'onde et supportés par les traversiers supérieurs.

Aériens pour l'onde de 25 mètres. — L'antenne et le réflecteur pour l'onde de 25 mètres comprennent chacun dans leur plan :

a) Quatre dents de scie alimentées, chacune de 14 éléments d'une demi-longueur d'onde de longueur.

b) deux dents de scie identiques aux précédentes mais non alimentées, et placées l'une au-dessous, l'autre au-dessus. Chacune d'elles constitue une zone de pénombre et diminue les pertes d'énergie dans les traversiers ou le sol.

L'ensemble des dents est surélevé de 12 mètres au-dessus du sol.

L'aérien peut être utilisé avec un bon rendement dans une gamme de longueur d'onde d'environ plus ou moins cinq pour cent autour de la longueur d'onde prévue.

Aériens pour l'onde de 33 mètres. — L'antenne et le réflecteur pour l'onde de 33 mètres comprennent chacun dans leur plan :

a) quatre dents de scie alimentées, chacune de 10 éléments d'une demi-longueur d'onde de longueur.

b) une dent de scie non alimentée identique aux précédentes et placée au-dessous.

B. *Les feeders.* — La liaison entre l'un des émetteurs et l'aérien correspondant est établie par l'intermédiaire de feeders tubulaires.

Ces feeders ont une longueur de 300 mètres environ à Pontoise, une longueur légèrement inférieure aux Eucalyptus. Ils sont constitués par deux tubes concentriques isolés par des porcelaines, sup-

portés par des piquets en acier galvanisé ; le tube extérieur est à la terre. Des espèces de capsules manométriques servent de joints de dilatation entre éléments constitutifs.

Pour réduire et répartir uniformément les pertes dans le feeder on le ferme sur son impédance caractéristique R_1. On arrive à ce résultat en le reliant au feeder aérien de montée d'antenne, par l'intermédiaire d'un transformateur situé dans « la boîte de couplage » et dont le schéma est donné par la figure 19. Le feeder est rendu égal (par réglage d'un pont) à un nombre entier de quarts de longueur d'onde. Il se comporte alors, vu de la boîte de couplage,

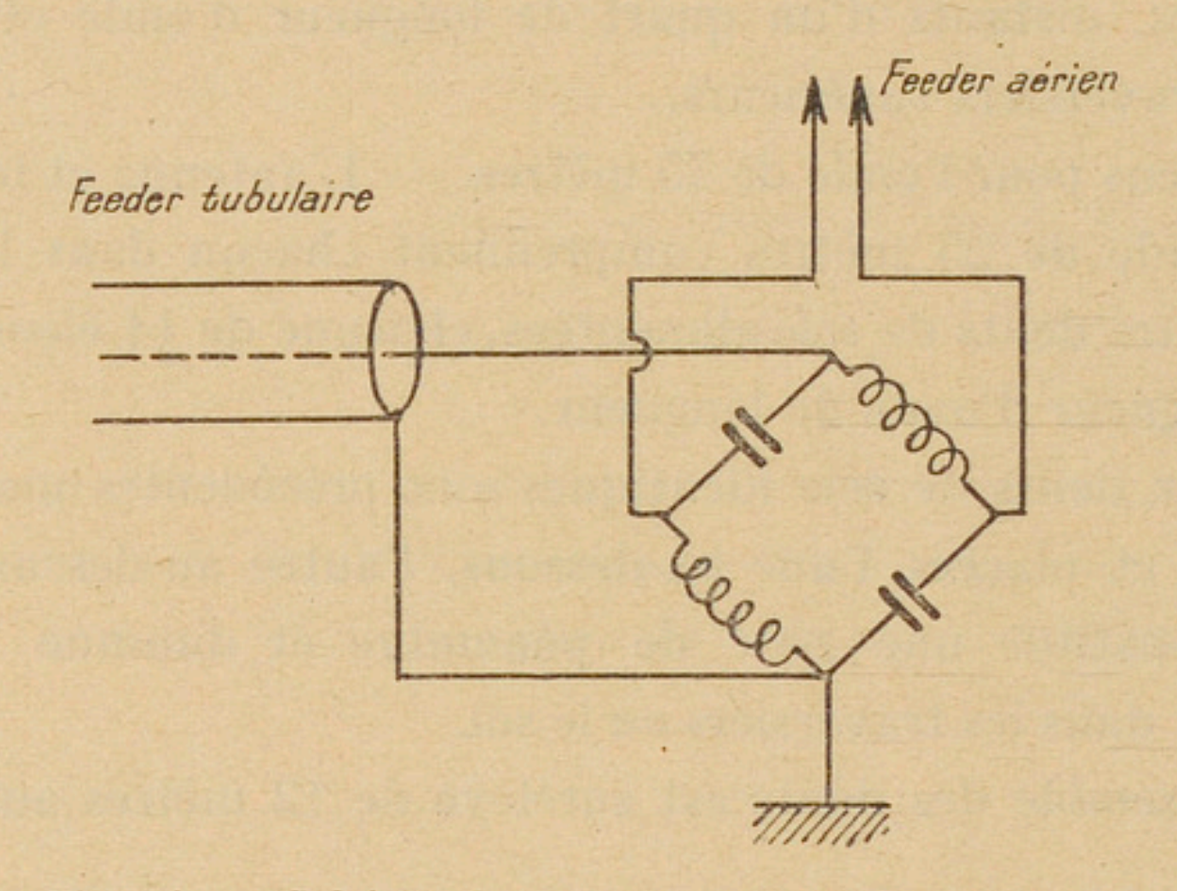


Fig. 19. — Schéma du transformateur de couplage.

comme une résistance pure R_2. On doit, pour obtenir des ondes progressives sur le feeder tubulaire, réaliser les conditions :

$$L\,C\,co^2 = 1 \qquad \text{et} \qquad \frac{L}{C} = R_1\,R_2.$$

Le feeder aérien de montée est alors parcouru par des ondes stationnaires ; l'alimentation des dents de scie se fait en un ventre de potentiel.

Chacun des deux émetteurs pouvant fonctionner sur l'une ou l'autre onde, peut être relié à l'un ou l'autre aérien. La permutation est effectuée à l'aide d'un commutateur d'antennes.

C. *Diagrammes de rayonnement.* — Les antennes utilisées ont un diagramme de rayonnement perpendiculaire à la nappe, dans le

sens opposé au réflecteur. L'effet de directivité imposé est tel que l'angle au sommet mesuré dans le plan horizontal est de :

17° pour l'antenne de longueur d'onde 25 mètres,

24° pour l'antenne de longueur d'onde 33 mètres. Cet angle est défini comme étant celui à l'intérieur duquel l'énergie est supérieure au dixième de l'énergie rayonnée dans la direction principale perpendiculaire au rideau.

La figure 20 représente les diagrammes relevés des antennes du centre d'émission des Eucalyptus.

IV. Réception.

Les ensembles récepteurs sont situés en France au centre de Noiseau, en Algérie au centre de Boufarik.

Le matériel utilisé est le même dans les deux stations. Il comporte :

1° Les aériens,

2° deux ensembles récepteurs,

3° deux meubles multiplex ou de secret.

1° Les aériens. — Les aériens sont en tous points analogues à ceux des centres d'émission. La commutation récepteur/antenne se fait à l'aide du répartiteur d'antennes du centre.

La figure 21 représente les diagrammes relevés des antennes du centre récepteur de Boufarik. Relevés avec plus de difficulté, et moins de précision que les diagrammes d'émission, ils n'ont pas permis de mettre nettement en évidence les folioles secondaires.

2° Les récepteurs. — Les récepteurs employés, d'un type unique, comportent essentiellement :

A. Une amplification importante du courant à la fréquence de l'onde reçue ;

B. un dispositif de changement de fréquence ;

C. un amplificateur M.F. ;

D. un amplificateur B.F. avec filtre ;

E. un dispositif de compensation de l'effet de fading agissant,

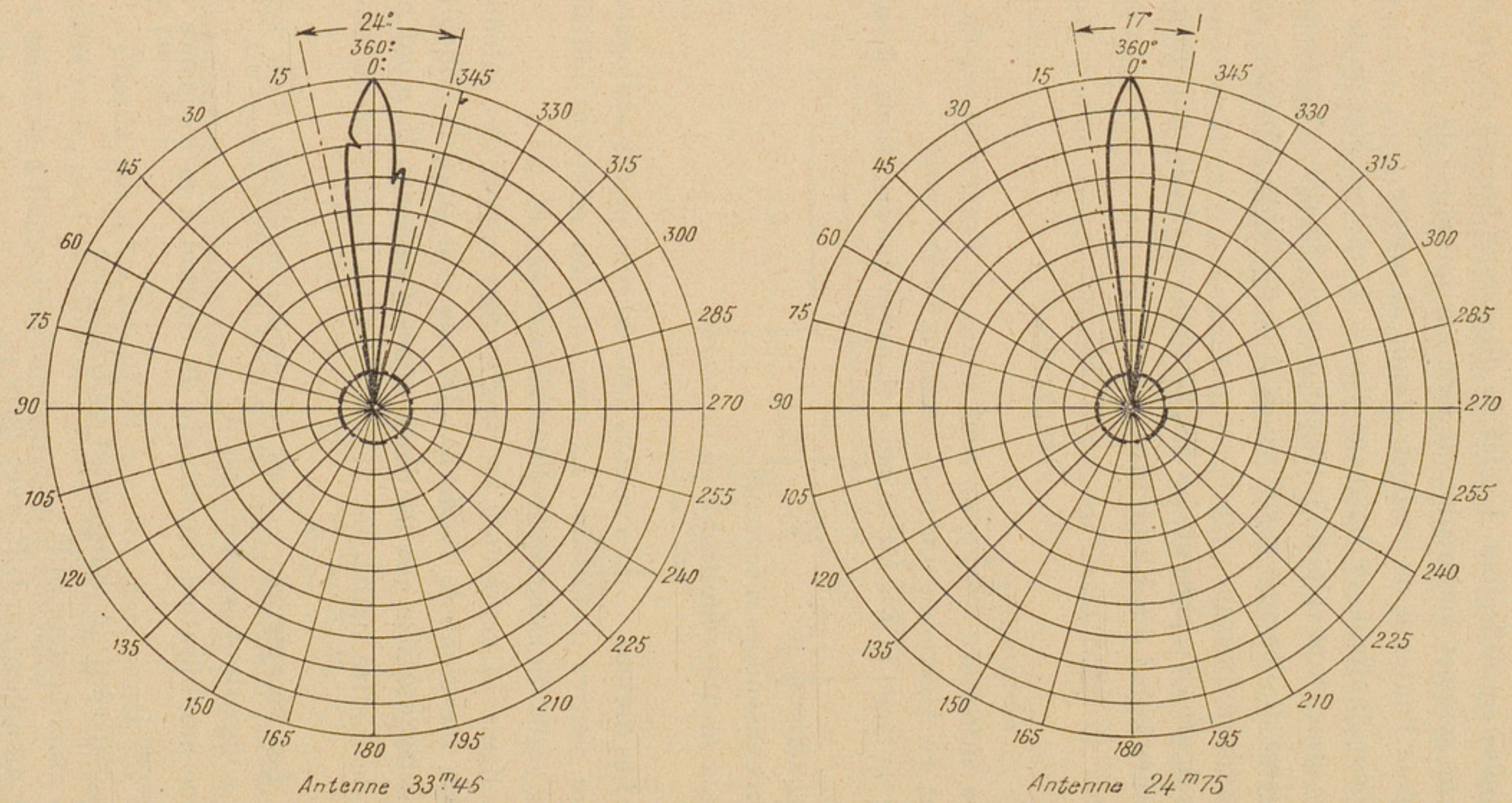


Fig. 20. — Diagrammes de l'énergie rayonnée. Emission.

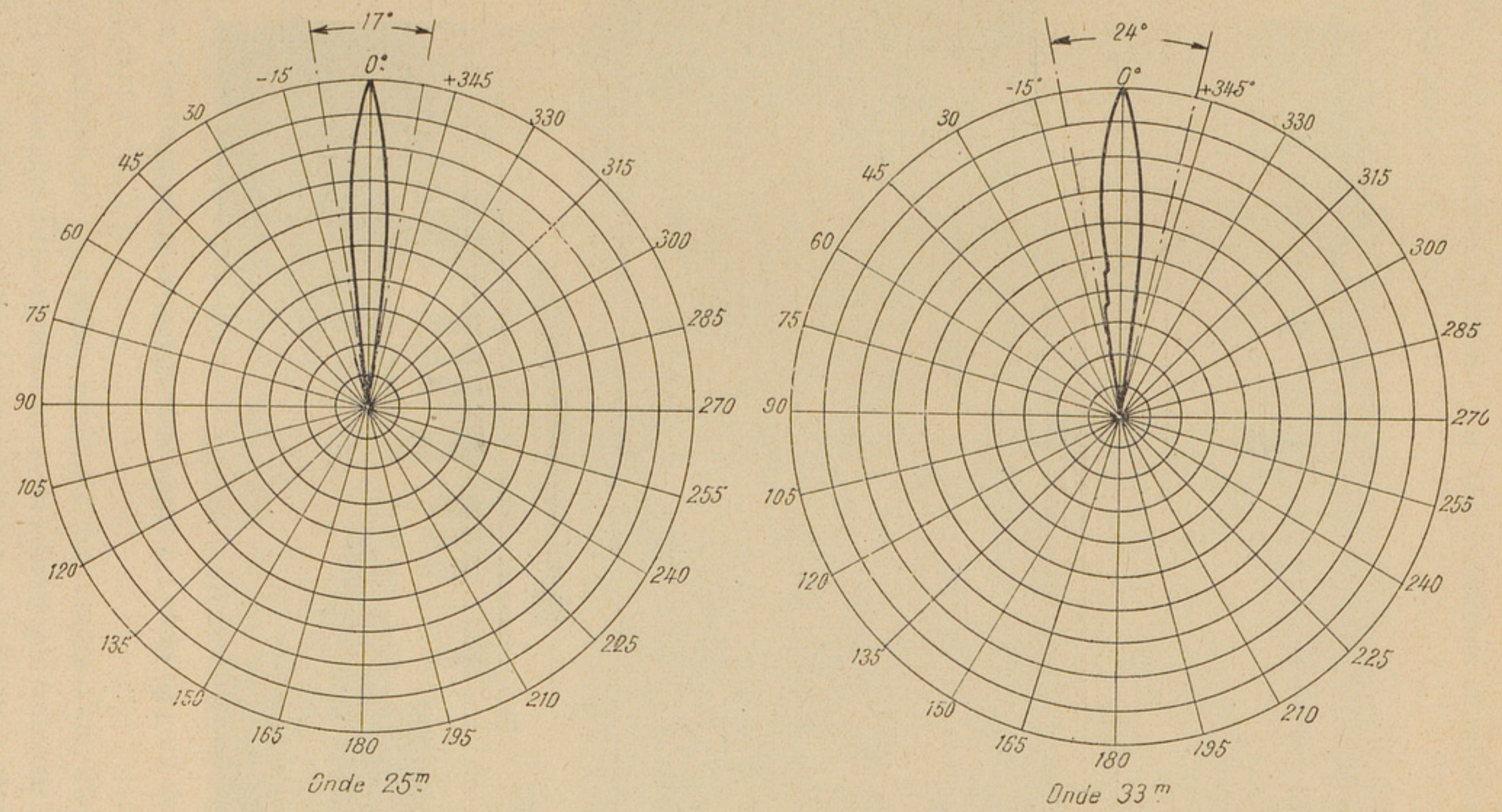


Fig. 21. — Diagrammes de rayonnement en énergie des antennes de réception.

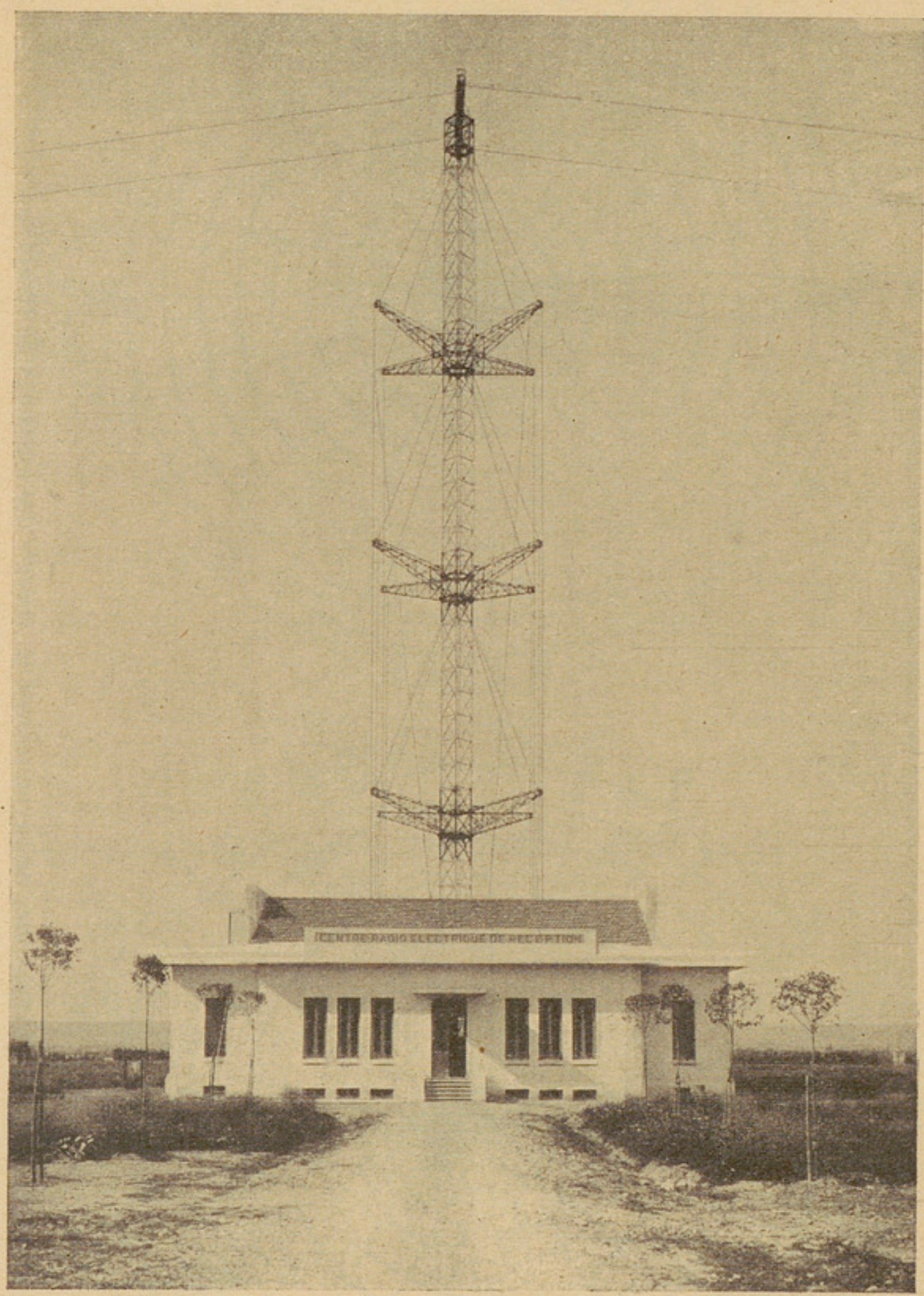


Fig. 22. — Le centre de réception de Boufarik.

pour en neutraliser l'action, sur les variations d'amplitude de l'onde porteuse,

F. ils comportent en outre un limiteur utilisé spécialement dans le fonctionnement en télégraphie et un ensemble détecteur autodyne.

Tous ces organes sont répartis dans des caissons que supporte

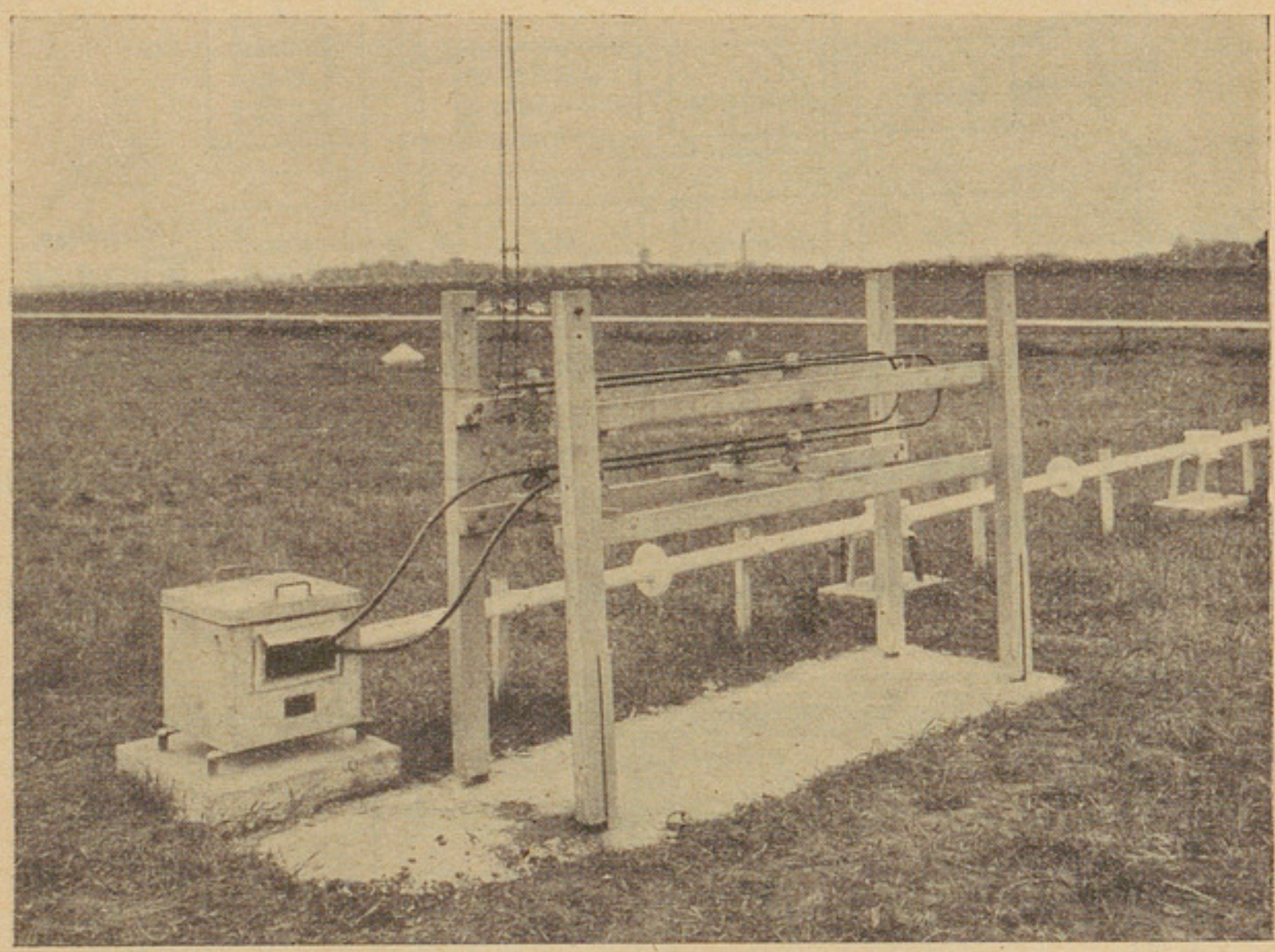


Fig. 23. — Un dispositif de réglage d'antenne du centre de Noiseau.

On voit : à gauche, la boîte de couplage ; au centre, un dispositif « trombone » permettant de régler la longueur de la descente d'antenne ; Au départ de la boîte de couplage, le feeder tubulaire qui va au récepteur ; ses éléments sont réunis par des joints de dilatation.

un châssis métallique général, suivant la disposition représentée par la figure 24.

A. L'amplification haute fréquence est prévue en deux parties semblables, l'une réservée à la gamme correspondant à l'onde de jour, l'autre à la gamme correspondant à l'onde de nuit (caissons 1, 2, 3 et 1', 2', 3').

Chacune de ces parties comporte huit étages d'amplification :

a) trois étages à résonance montés en symétrique (caissons 1 et 1'). Ils sont équipés avec des lampes à écran et la liaison entre deux étages consécutifs s'effectue par le système capacité résistance.

b) Cinq étages neutrodynés équipés chacun avec deux lampes à circuit de grille accordé et montées en symétrique. La liaison d'un étage au suivant se fait par induction.

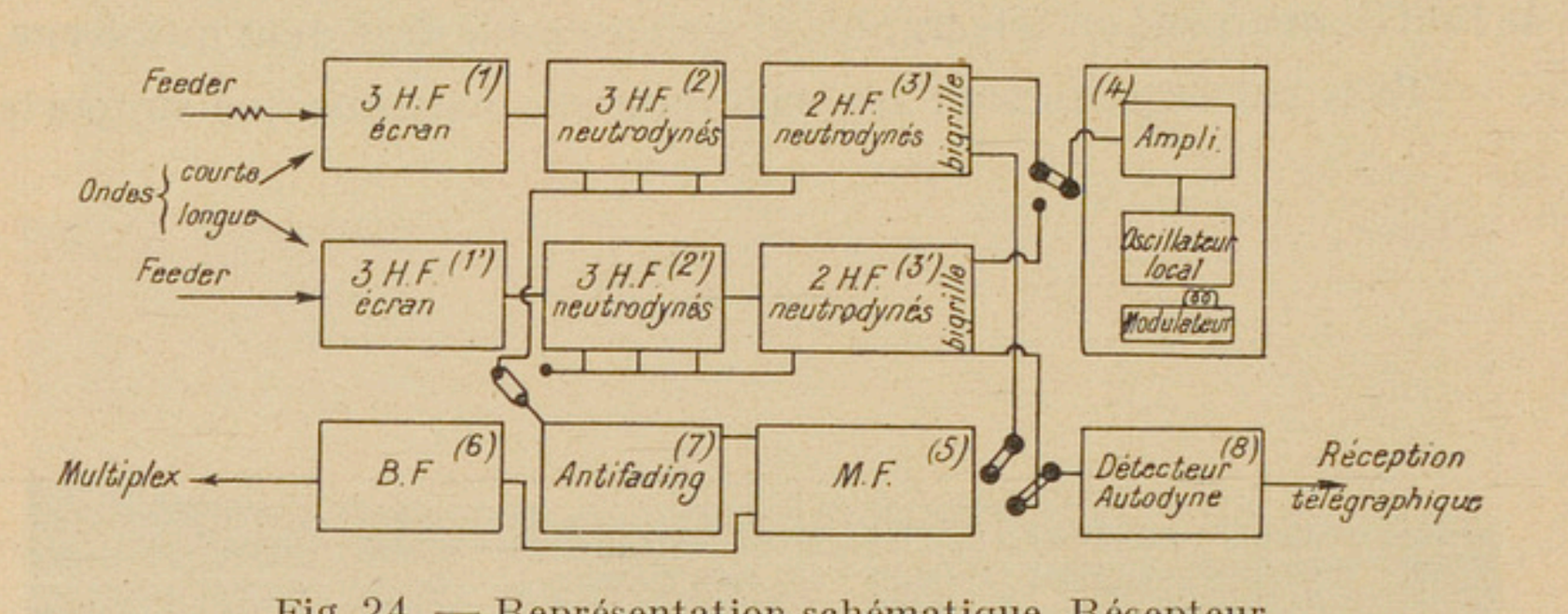


Fig. 24. — Représentation schématique. Récepteur.

Trois de ces étages se trouvent dans les caissons 2 ou 2'. Deux dans les caissons 3 ou 3'.

L'emploi de deux types d'étages amplificateurs permet de

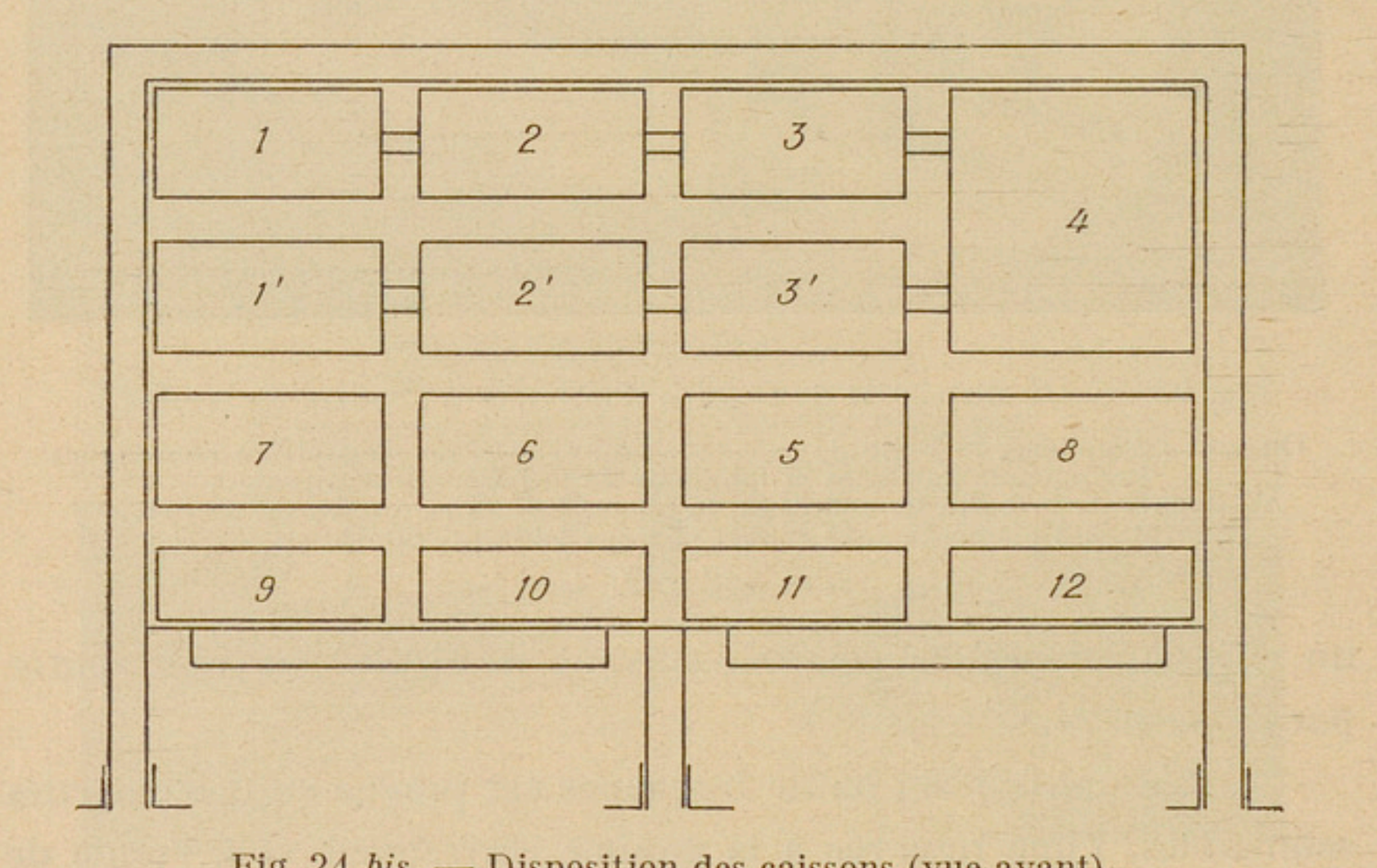


Fig. 24 *bis*. — Disposition des caissons (vue avant).

diminuer, à amplification égale, les risques d'accrochages parasites.

B. Le changement de fréquence est obtenue à l'aide de deux lampes bigrilles situées dans les caissons 3 ou 3'.

La haute fréquence est appliquée sur leurs grilles de contrôle ; les grilles intérieures sont excitées en parallèle par une hétérodyne

locale, située dans le caisson 4 et qui agit par l'intermédiaire d'un étage amplificateur neutrodyné. Toute réaction d'un circuit sur l'autre est ainsi évitée.

Pour permettre la réception d'une porteuse non modulée, une hétérodyne musicale également placée dans le caisson 4 peut moduler l'oscillation de l'hétérodyne de changement de fréquence.

La moyenne fréquence correspond à environ 150 kilocyles.

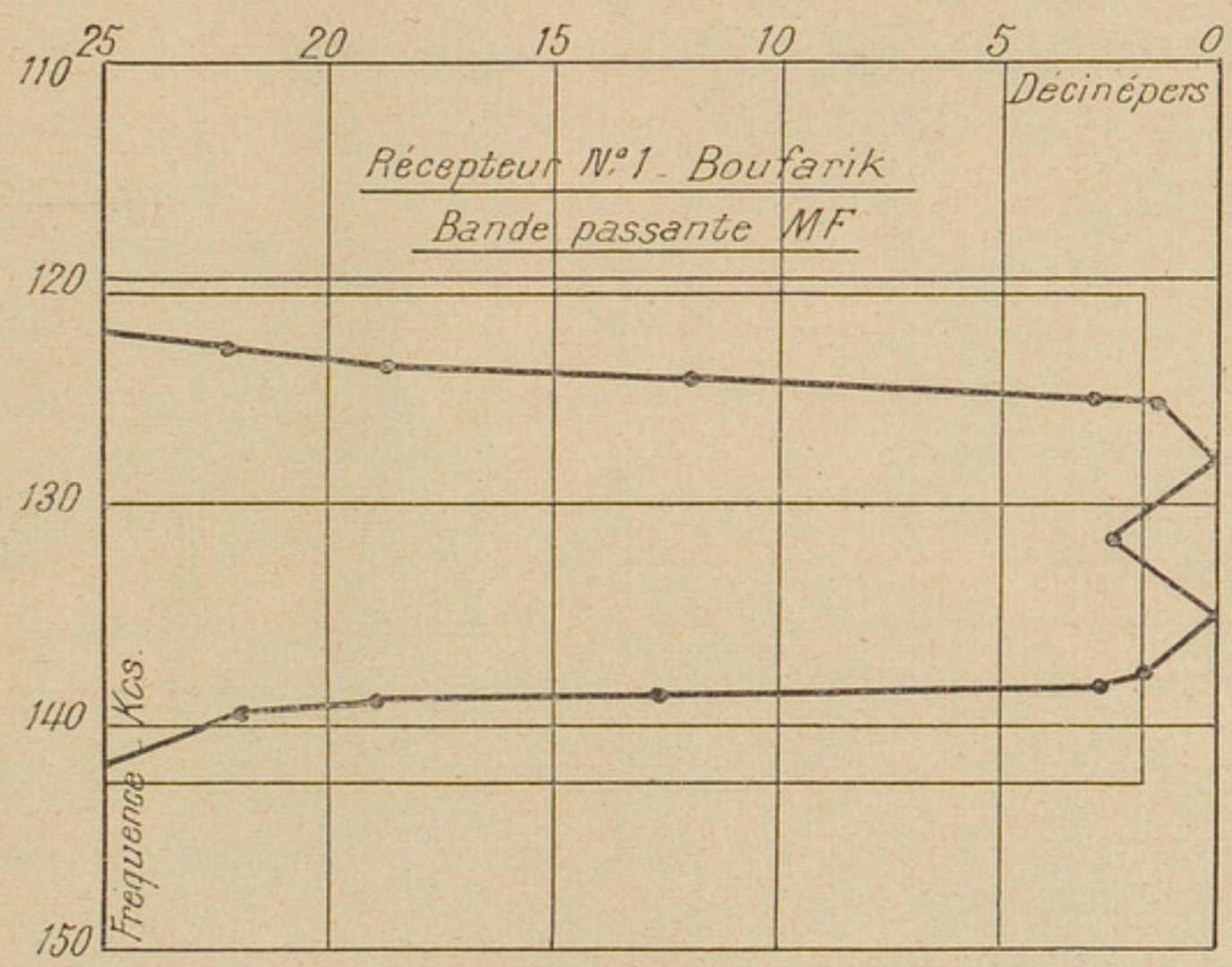


Fig. 25.

Les émissions des postes situés à 300 kilocyles du poste reçu sont facilement éliminées par la sélection haute fréquence.

C. L'amplificateur moyenne fréquence comporte (caisson 5) :

Un étage à résistance, attaqué à la suite d'un filtre,
un étage à filtre,
un étage à résistance,
un étage détecteur.

L'alternance réalisée dans la nature des étages augmente la stabilité de l'amplification.

La largeur de la bande passante est réglée entre 11.000 et 12.000 périodes par seconde.

Un dispositif potentiométrique attaque de façon indépendante

deux lampes détectrices : la première montée en valve alimente la basse fréquence, la deuxième, qui détecte par courbure de caracréristique de grille, alimente l'amplificateur antifading.

La figure 25 représente la bande passante M.F. du récepteur nº 1 de Boufarik.

D. L'amplificateur B.F. est contenu (avec le dispositif de limitation de signaux télégraphiques) dans le caisson 7.

Il comporte deux étages basse fréquence à résistance et un étage du type push pull à liaison par transformateur.

Dans le fonctionnement en téléphonie le dernier étage est

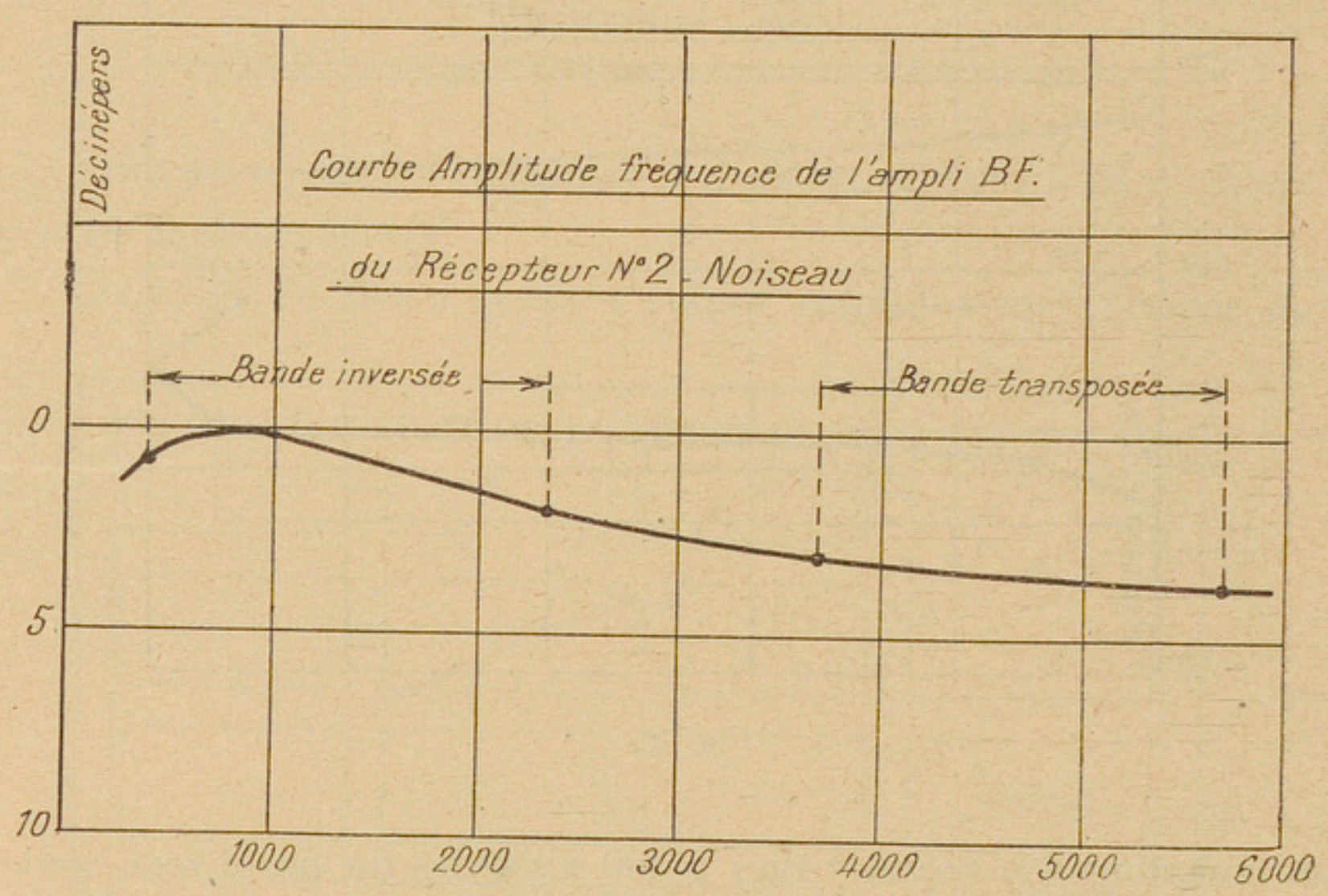


Fig. 26.

connecté à un filtre passe-bas de fréquence de coupure 6.000. (Mais le fonctionnement en télégraphie est également possible : les deux dernières lampes sont alors montées en parallèle, polarisées pour détection, et connectées au dispositif de limitation).

La courbe 26 donne la distorsion en fréquence de l'amplificateur B.F. du récepteur nº 2 de Noiseau.

E. Le système de compensation de l'effet de fading (caisson 6) est indispensable en téléphonie pour permettre une conversation suivie d'abonné à abonné. Il utilise les variations de courant détecté

qu'entraînent les variations d'amplitude de l'onde porteuse pour modifier de façon convenable l'amplification haute fréquence. En réalité il commande la polarisation des quatre premiers étages amplificateurs H.F. neutrodynés.

La figure 29 donne le schéma de principe de l'amplificateur antifading. Il comprend un amplificateur à courant continu qui

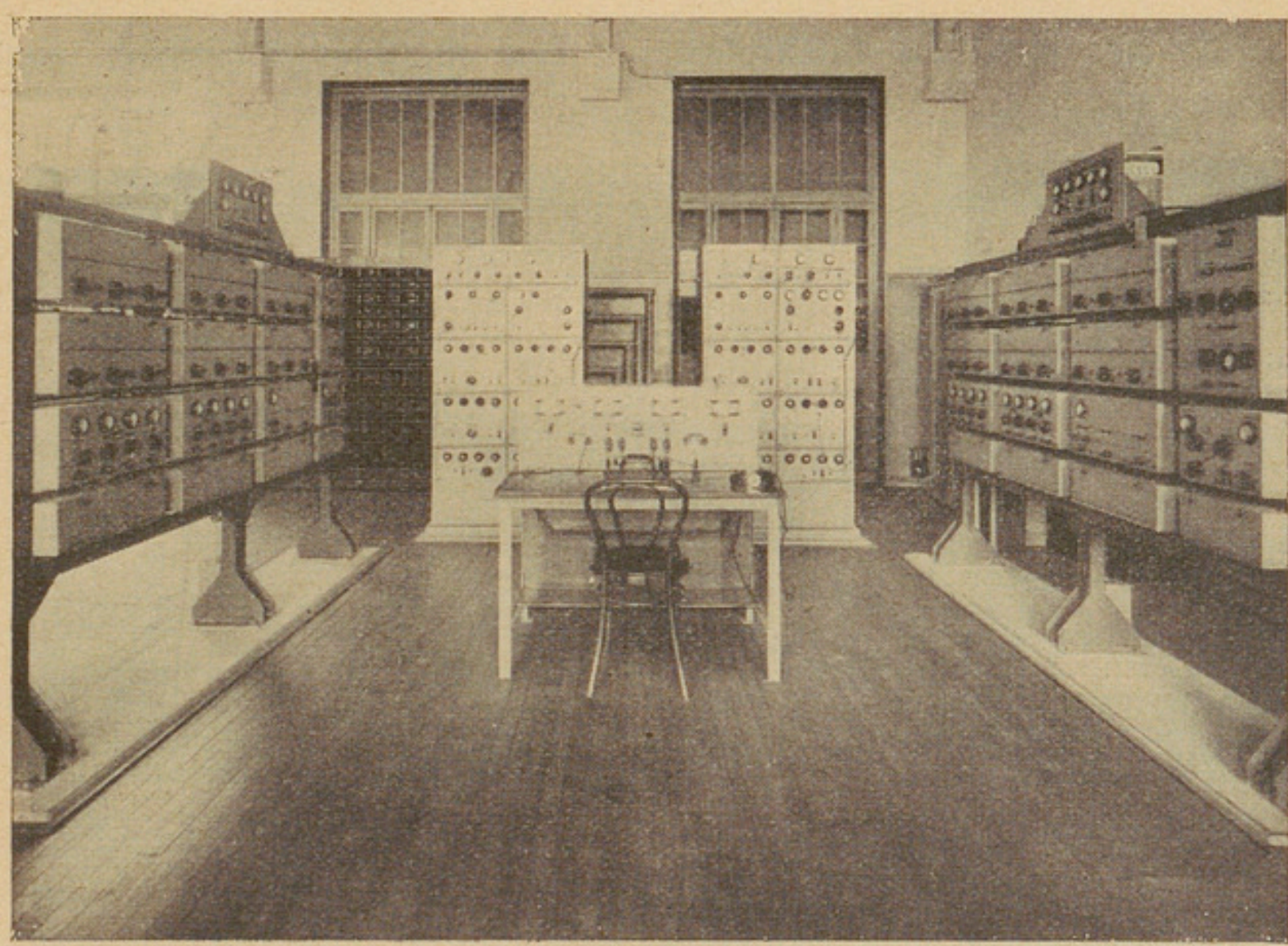


Fig. 27. — Les deux ensembles de réception du centre de Noiseau.

On voit : à droite et à gauche, les deux récepteurs ; au fond, les deux meubles multiplex ; au centre, au premier plan la table où se fait le contrôle des niveaux envoyés au centre de liaison au réseau, rue des Archives ; entre le récepteur et le multiplex de gauche, on voit en partie le quadrillage de feeders qui constitue le répartiteur d'antennes du centre de réception.

permet d'amener à l'amplitude et au sens convenables, les variations du courant détecté. En faisant débiter la dernière lampe à travers une résistance on obtient une tension continue, fonction de l'onde porteuse, que l'on applique en série avec la polarisation permanente des grilles des lampes des quatre étages commandés.

L'action de ce régulateur doit être telle que, pour une variation de 3,5 népers de l'amplitude de la porteuse à l'entrée, le niveau reste constant à $\pm$ 0,25 néper près. Les mesures effectuées ont montré que ces conditions étaient très largement vérifiées.

F. Un détecteur autodyne (caisson 8) est adjoint au récepteur. Il permet, lors de la réception d'une émission téléphonique par les voies décrites, d'employer les huit étages H. F. non utilisés, pour une réception télégraphique indépendante et supplémentaire. Cette utilisation est schématisée sur la figure 24 bis.

Les caissons 9, 10, 11, 12 contiennent les piles.

3° **Les meubles multiplex.** — Les meubles multiplex ont

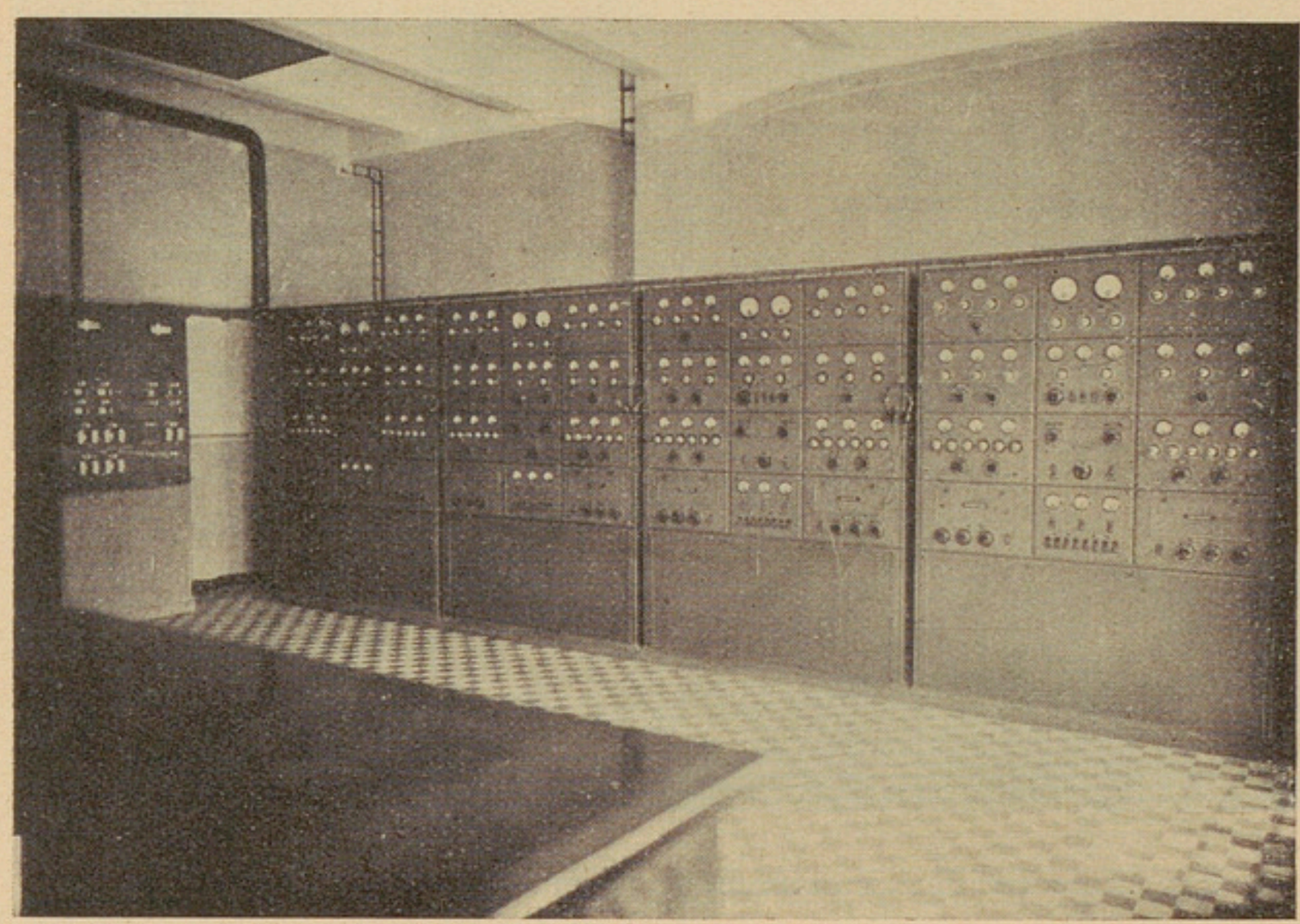


Fig. 28. — Les 4 meubles de liaison au réseau du central Bellecour à Alger.

été étudiés à propos de la séparation des conversations mélangées à l'émission.

V. Liaison au réseau.

La liaison France—Algérie devant permettre l'échange simultanée de quatre conversations téléphoniques, les centres de liaison de Paris et d'Alger disposent chacun de quatre meubles de liaison.

Ces meubles, au moins dans leur principe, sont en tous points analogues à ceux déjà décrits par M. Villem dans les *Annales des*

P.T.T. (1930, II). Ils comportent également un transformateur différentiel et des dispositifs de blocage et de déblocage sur la voie émission et sur la voie réception.

Pour des réglages déterminés, mais tout de même assez imprécis pour ne pas être acrobatiques, leur fonctionnement est pratiquement parfait. On arrive couramment à établir de très bonnes communications avec des circuits terminaux qui envoient un niveau de bruit

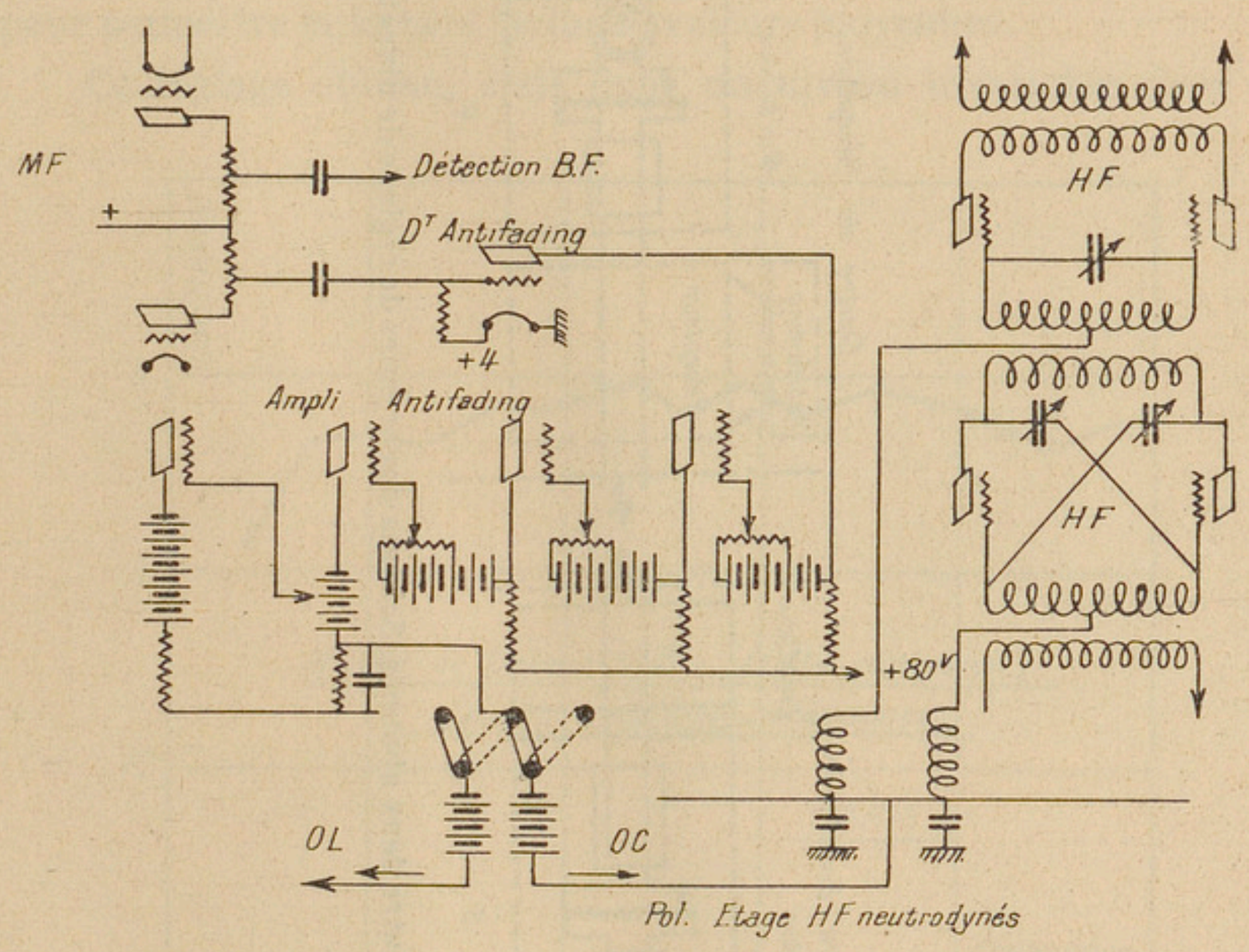


Fig. 29. — Schéma de principe du dispositif anti-fading.

de fond dont l'amplitude est supérieure à la demi-amplitude moyenne de la parole.

Les meubles de liaison comportent des appareils permettant de contrôler les niveaux venant de la réception et envoyés à l'abonné local, et ceux dirigés sur l'émission.

Des potentiomètres de réglage permettent de maintenir ces niveaux au voisinage d'un repère fixé.

De façon tout à fait générale nous allons voir d'ailleurs comment sont réglés les niveaux d'une communication aux différentes étapes de son parcours.

Les courants venant d'un abonné peuvent arriver à l'entrée deux

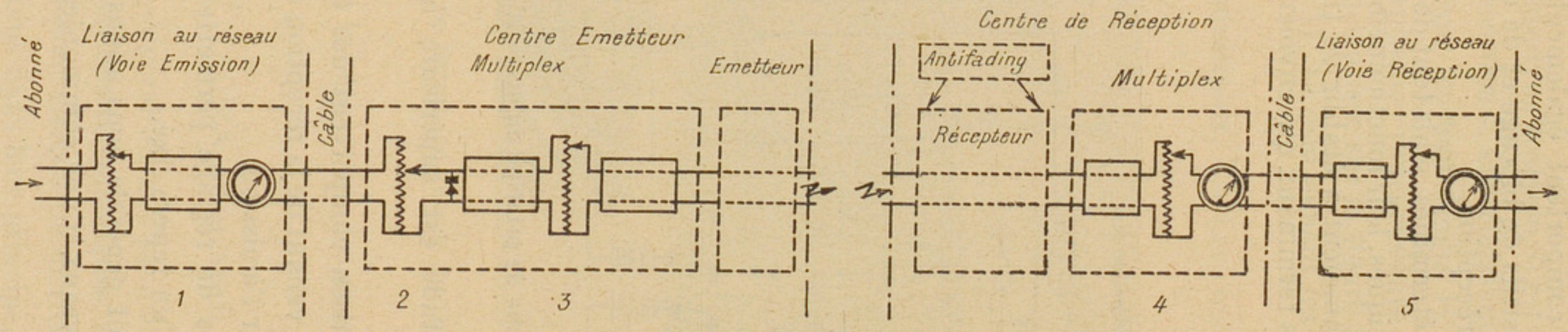


Fig. 30. — Liaison entre deux abonnés. Schéma des organes de réglage de niveau.

fils des meubles de liaison avec des niveaux variant dans de grandes limites (la variation théorique à prévoir est de 2,3 népers). Le potentiomètre, qui se trouve à l'entrée de la voie émission du meuble de liaison (côté abonné), permet d'obtenir à la sortie un niveau toujours le même, repéré une fois pour toutes aux appareils de contrôle. Ces appareils de contrôle sont attaqués par l'intermédiaire d'amplificateurs dont les circuits ont des constantes de temps suffisantes pour permettre la lecture facile de valeurs moyennes.

Ce réglage obtenu, c'est donc un niveau invariable dans sa

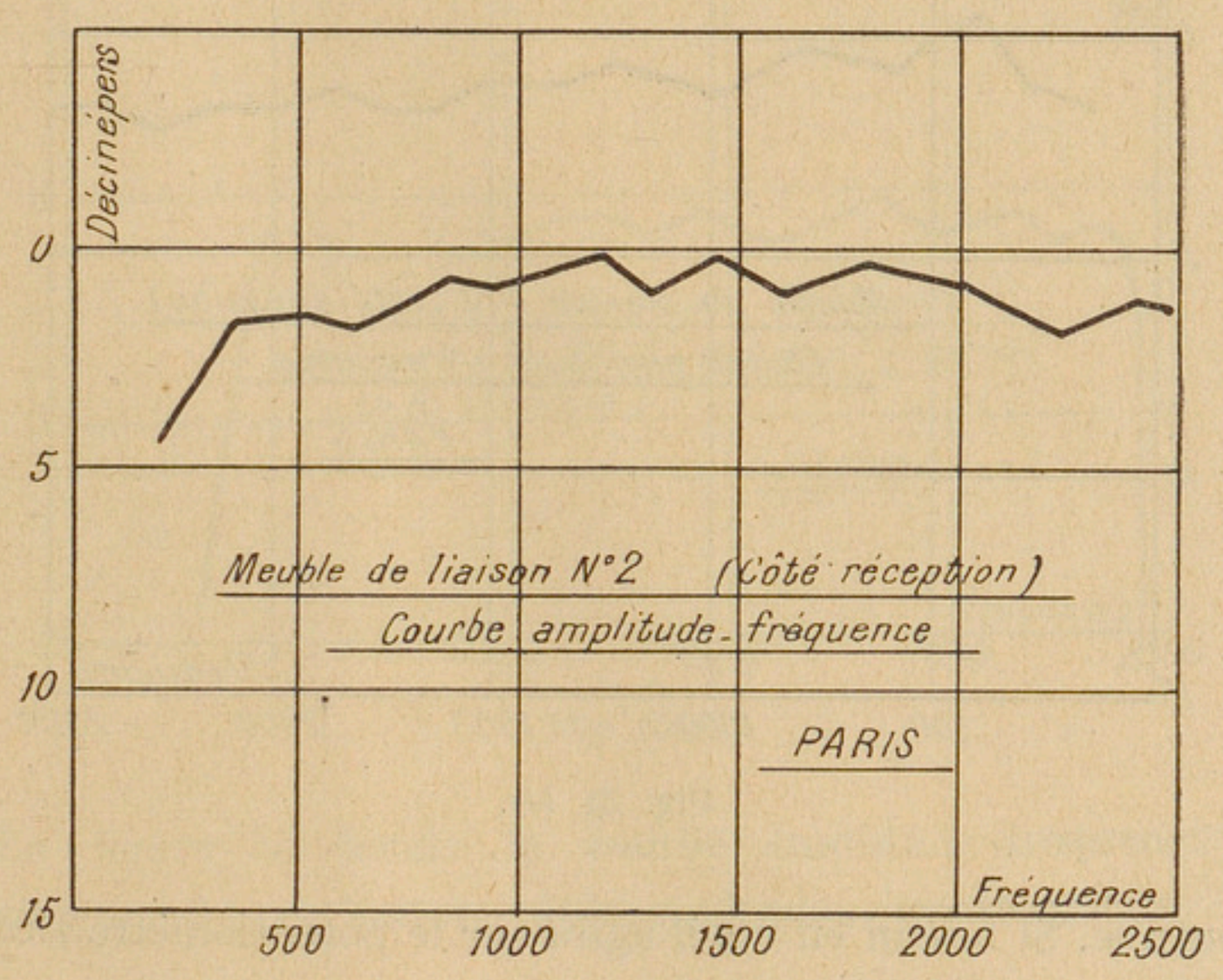


Fig. 31.

valeur moyenne qui arrive sur le potentiomètre d'entrée du multiplex émission. Ce potentiomètre et le limiteur au cuproxyde du meuble sont réglés une fois pour toutes de telle façon, qu'aux deux positions repérées du second potentiomètre (figure 8), correspondent des taux de modulation respectifs de l'émetteur de 30 % (fonctionnement en multiplex) et de 50 % (fonctionnement à une voie).

L'émission étant faite dans ces conditions invariables, le champ à l'entrée du récepteur variera suivant les conditions de propagation. Le dispositif antifading atténuera dans la mesure indiquée les effets

de ces variations, réserve faite pour l'action du fading sélectif. Quoiqu'il en soit le potentiomètre situé à la sortie du multiplex permettra d'envoyer du centre de réception un niveau toujours le même vers la liaison réseau.

L'agent technique de la liaison devra néanmoins s'assurer que le niveau envoyé à l'abonné est bien celui repéré sur son appareil

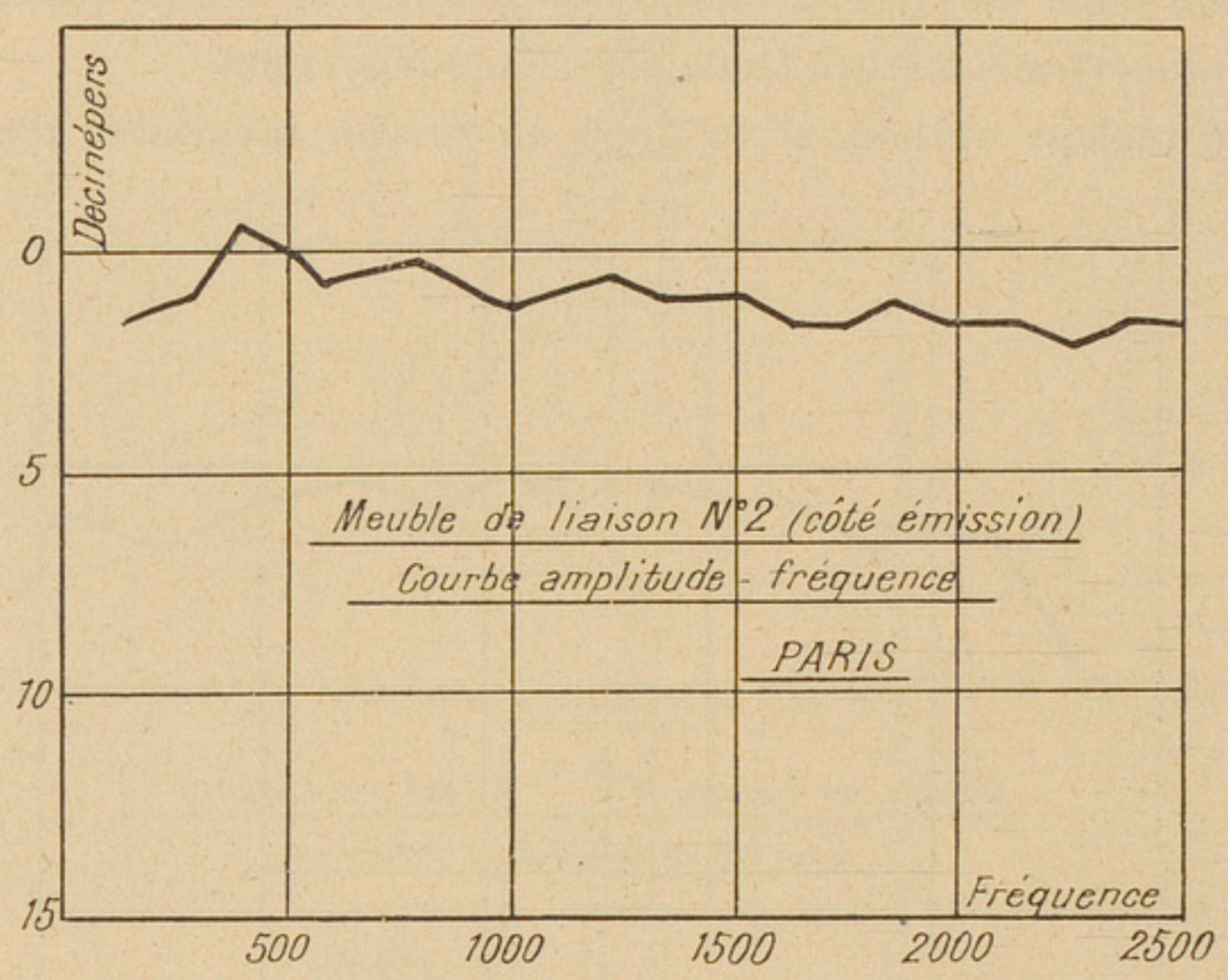


Fig. 31 *bis*.

de contrôle. Si besoin en est il agira sur le potentiomètre situé sur la sortie côté abonné de la voie réception.

Ainsi entre les deux correspondants nous trouvons six organes de réglage (figure 30) :

L'antifading fonctionne automatiquement ; le potentiomètre (2) doit avoir une position déterminée une fois pour toutes ; (5) fait théoriquement double emploi avec (4). Sont donc essentiels : (1) et (3) qui permettent de régler le taux de modulation aux deux valeurs prévues et (4) qui permet de régler le niveau de réception.

On trouvera enfin ci-après des courbes de distorsion relatives, soit au meuble de liaison seul, soit à des ensembles comprenant le meuble de liaison.

Les figures 31 et 31 *bis* donnent les courbes amplitude/fré-

quence relatives aux voies réception et émission du meuble de liaison n° 2 à Paris.

La figure 32 donne la courbe amplitude/fréquence représentant la distorsion d'un ensemble : B. F. de récepteur, multiplex, câble, meuble de liaison.

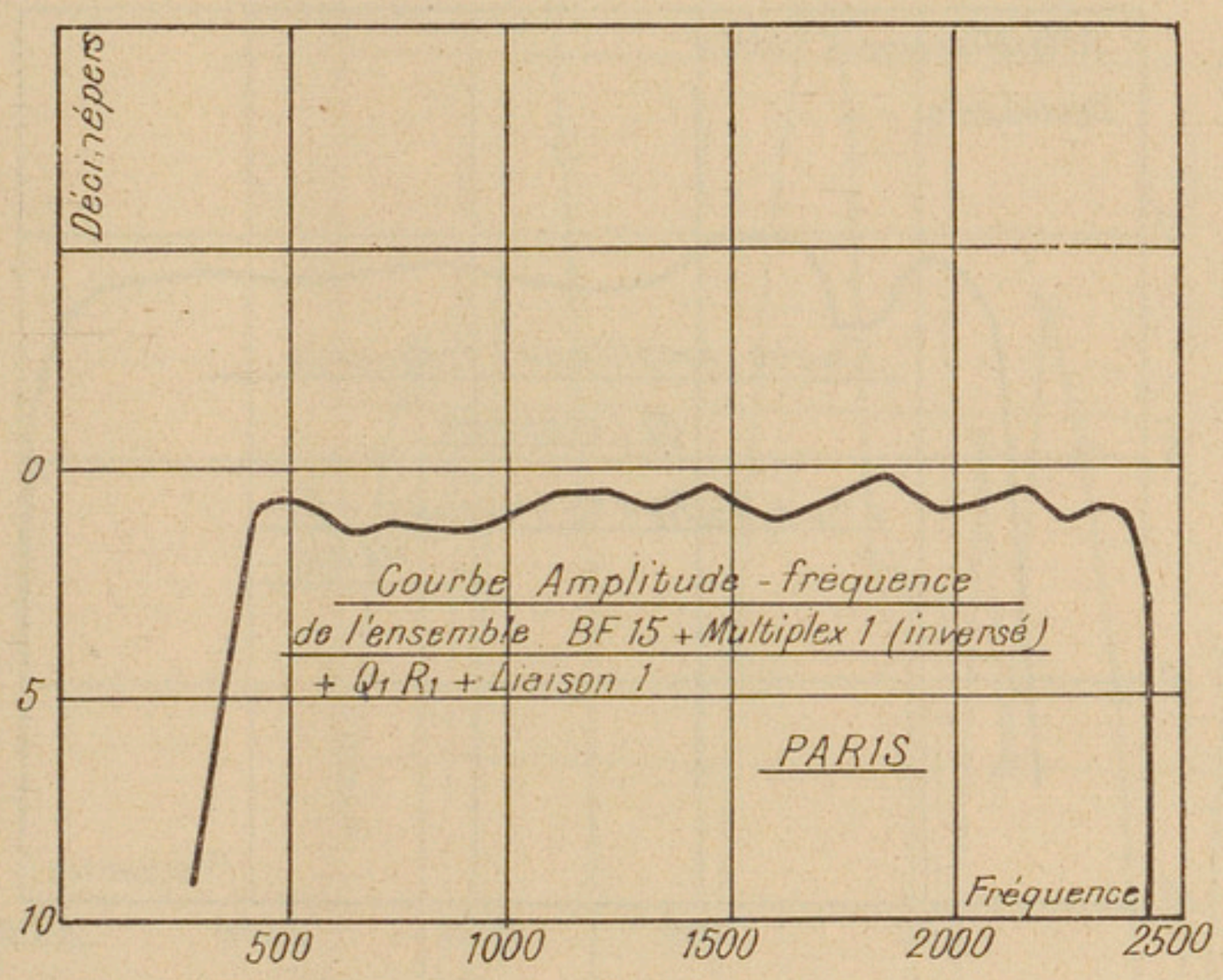


Fig. 32.

La figure 33 donne la courbe amplitude/fréquence d'un ensemble meuble de liaison, câble, multiplex, émetteur.

VI. Longueurs d'onde.

Les longueurs d'onde utilisées sont :

1° Dans le sens Pontoise—Boufarik : onde de jour 24 m. 53 (12.215 kilocycles) ; onde de nuit 33 m. 30 (9.037 kilocycles).

2° Dans le sens les Eucalyptus—Noiseau : onde de jour : 24 m. 75 (12.121 kilocycles) ; onde de nuit : 33 m. 48 (8.960 kilocycles).

Dans le cas du fonctionnement à quatre voies ces ondes doivent permettre par jour :

Quatre liaisons simultanées pendant seize heures,

Deux liaisons simultanées pendant sept heures.

soit 78 liaisons-heure par jour.

La figure 34 donne les résultats d'essais de propagation de vingt-quatre heures effectués sur les deux ondes, d'une part les 20 et 21 avril dans des conditions très défavorables, d'autre part les 29 et 30 juin dans des conditions favorables. Dans ce dernier cas, on voit que les deux ondes ont passé toutes les deux pendant vingt-

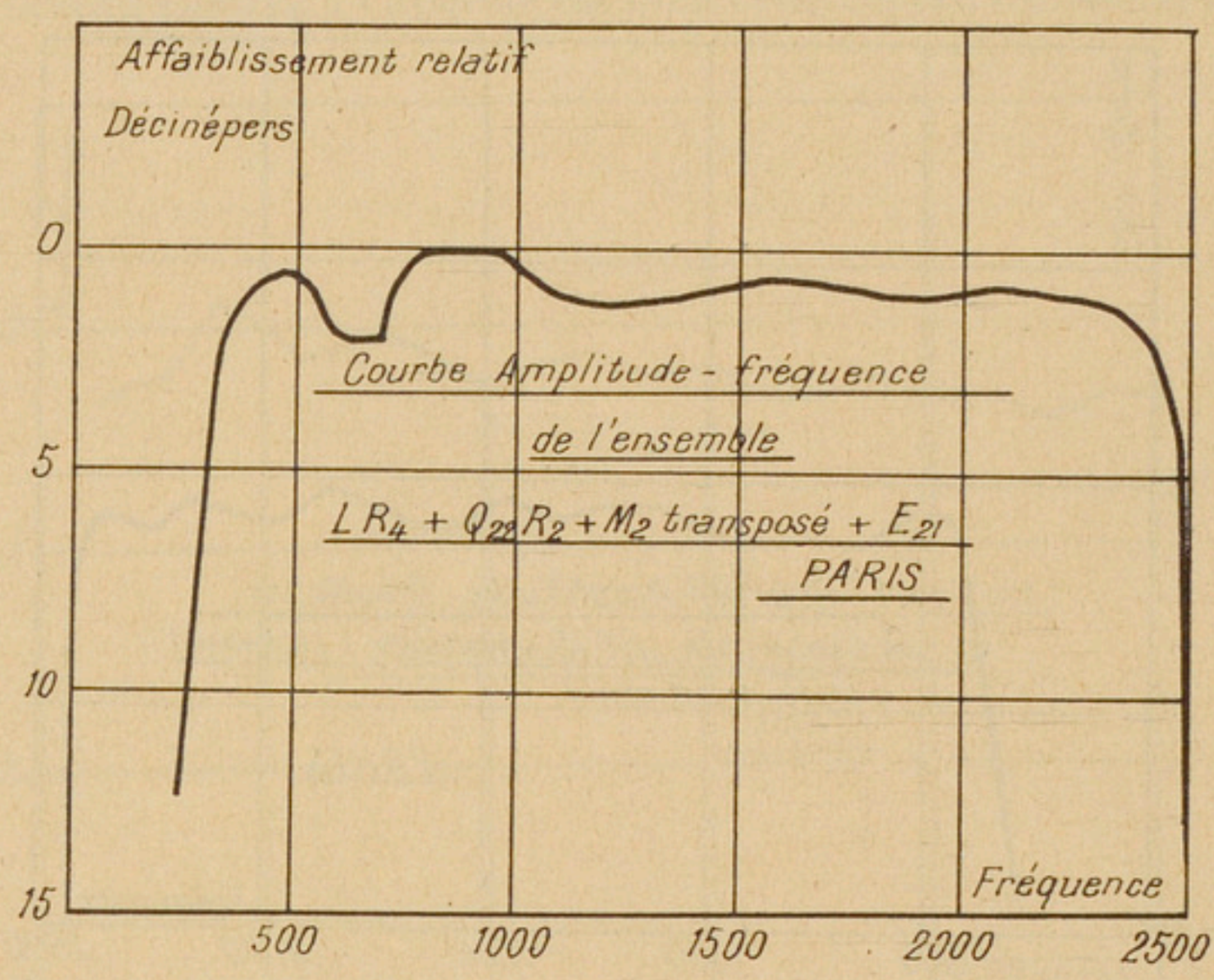


Fig. 33.

quatre heures sur vingt-quatre. On a porté sur ces diagrammes les heures de lever et de coucher du soleil.

VII. Exploitation de la liaison.

Un personnel spécial assurant la surveillance des installations radio-électriques, l'exploitation des circuits Paris—Alger est analogue à celles des circuits fils ordinaires. La seule différence remarquable réside dans l'adjonction à l'opératrice interurbaine (une pour deux voies), d'opératrices d'écoute permanente (une par voie).

L'opératrice interurbaine prépare les communications ; dès que les abonnés sont en contact elle passe le circuit à l'une des deux opératrices d'écoute permanente qui lui correspondent. Celle-ci surveille la conversation, peut intervenir si besoin en est, et fait le compte des minutes taxables.

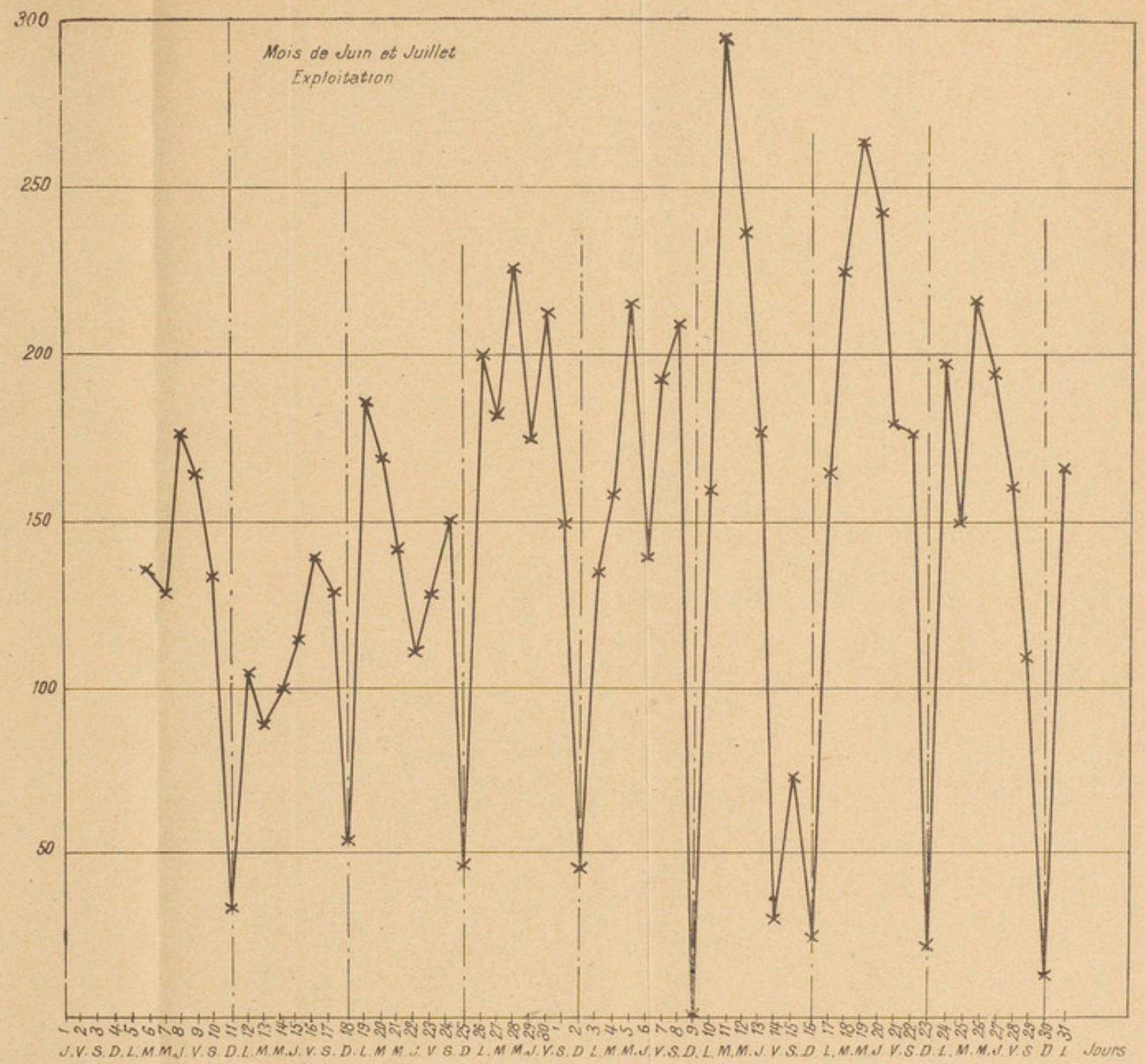

Mois de Juin et Juillet
Exploitation
300
250
200
150
100
50
Jours

Fig. 35.

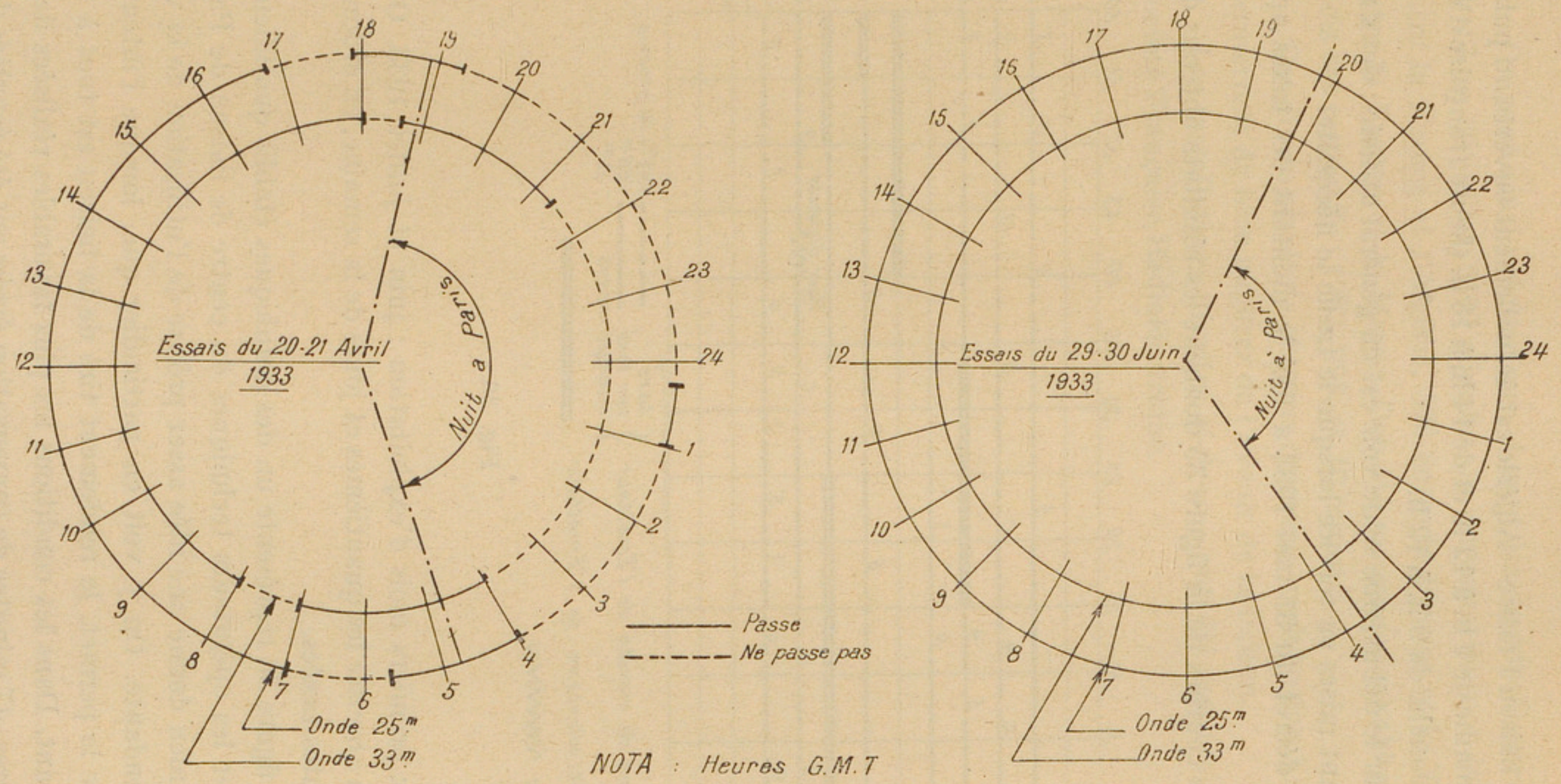

Essais du 20-21 Avril
1933
Nuit à Paris
Essais du 29-30 Juin
1933
Nuit à Paris
Passe
Ne passe pas
Onde 25m
Onde 33m
Onde 25m
Onde 33m
NOTA : Heures G.M.T

Fig. 34.

La liaison France—Algérie est actuellement ouverte au public : en semaine de 9 h. à 12 h. et de 14 h. à 18 h. (heure française d'été); le dimanche de 9 h. à 12 h.

Pour le début, une seule voie est en général utilisée ; deux sont cependant mises en service lorsque le trafic le nécessite.

Le décret du 31 mai 1933 a fixé le montant des taxes applicables.

Les courbes de la figure 35 donnent les résultats obtenus dans

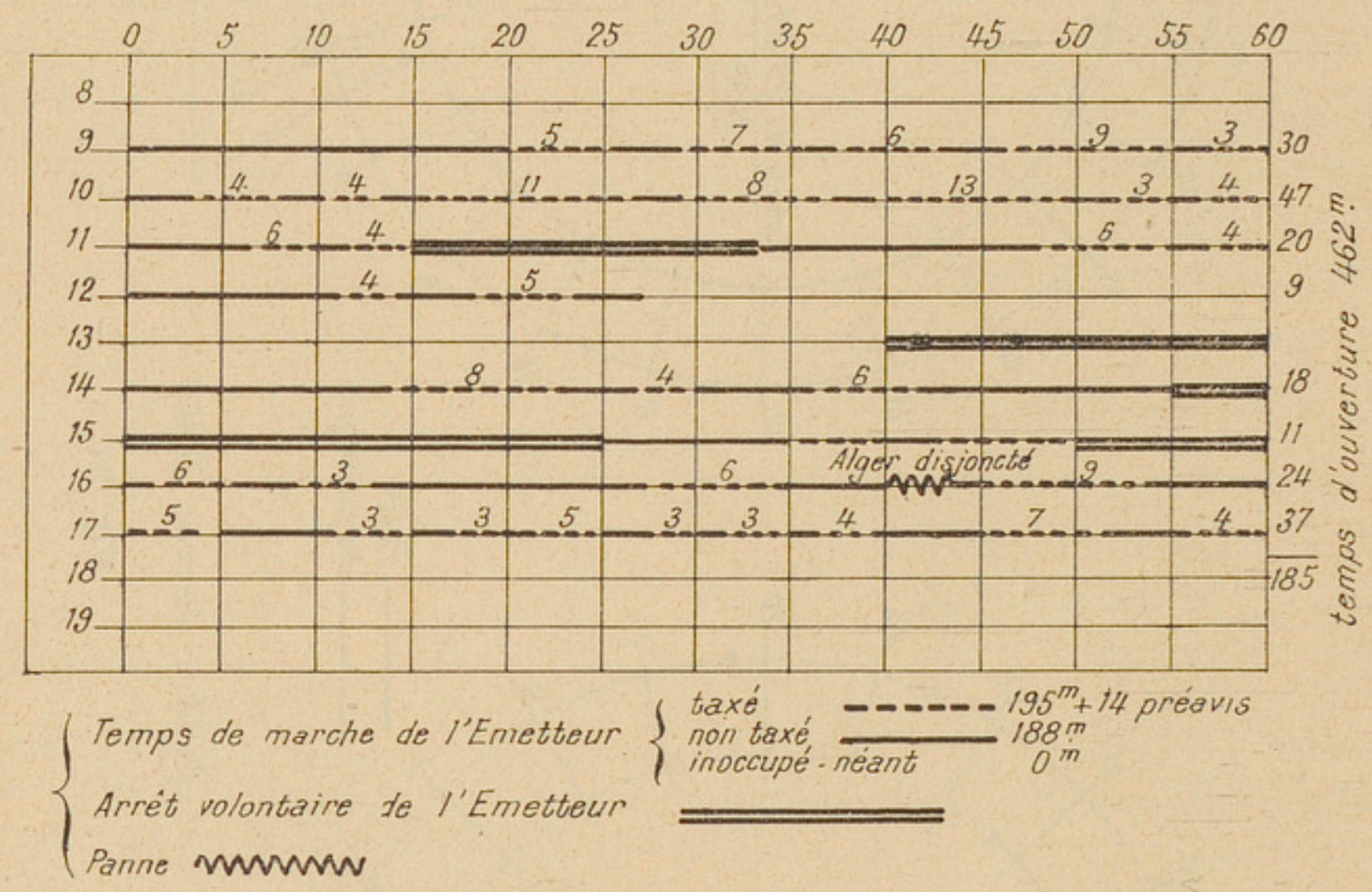


Fig. 36.

les deux premiers mois d'exploitation : juin et juillet 1933. On a porté en abscisse les quantièmes et jours de la semaine, en ordonnée les minutes taxées.

La figure 36 représente un des graphiques établis quotidiennement par les opérateurs techniques du centre de liaison de Paris. Son examen donne une idée assez précise de l'utilisation de la voie correspondante. On y voit en particulier que, lorsque l'intensité du trafic le permet, le rendement tiré de la liaison est tout à fait satisfaisant. Dans les conditions les plus favorables réalisées de 10 à 11 heures, 47 minutes de conversation *taxées* ont été écoulées dans l'heure.

On peut ainsi préciser que, durant les deux semaines qui vont du 17 au 30 juillet, 2107 minutes de conversation ont été écoulées entre la France et l'Algérie, 326 entre la France et la Tunisie, 10 entre la France et le Maroc. Ont été reconnues taxables dans ces trois cas respectifs : 1992, 293, et 10 minutes.

Ces divers résultats obtenus dans une exploitation à ses débuts permettent de bien augurer de l'avenir de la liaison.

Les installations décrites ci-dessus ont été construites par la Société Française Radioélectrique.

LE CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE A DISTANCE. ONDES COURTES [1].

La théorie montre, et la pratique confirme, que le champ électromagnétique dû aux ondes longues est d'autant plus faible que la distance de l'émetteur augmente : nous l'avons constaté dans un précédent article [2].

On pourrait vérifier, en appliquant les formules de propagation, qu'à puissances d'émission égales, le champ diminue aussi lorsque la longueur d'onde devient plus petite. Ce comportement des ondes longues, qui avait été observé aux débuts de la télégraphie sans fil, fut la cause principale qui orienta le développement historique de la radiotélégraphie vers l'emploi des ondes de plus en plus longues et des puissances de plus en plus élevées pour les communications à grande distance.

Ce fut par hasard qu'en 1923 on découvrit que la loi de décroissance du champ avec la longueur d'onde ne s'appliquait pas aux ondes inférieures à 300 m. environ.

En effet, les ondes courtes se comportent d'une manière tout à fait différente et beaucoup plus compliquée. A faible distance de l'émetteur, le champ diminue d'abord très rapidement, avec une atténuation plus grande que celle donnée par les formules et peut même disparaître complètement. La *zone de silence* (skip distance) s'étend à des centaines et parfois à des milliers de kilomètres : elle varie d'ampleur suivant les heures de la journée, étant plus grande la nuit que le jour. Au delà de cette zone, le champ réapparaît et il peut aussi augmenter avec la distance. Un autre phénomène

1. Article paru dans le *Journal télégraphique* d'avril 1933 sous la signature T. G.

2. *Journal télégraphique*, décembre 1932, pages 344 à 348.

très familier aux radiotélégraphistes, est celui des *évanouissements* (fadings) qui se manifestent par des affaiblissements périodiques plus ou moins fréquents, de l'intensité du signal. La périodicité de ces affaiblissements peut passer de quelques fractions de seconde à quelques minutes.

Lorsque l'évanouissement est maximum, le signal peut même devenir inaudible, puis il peut réapparaître, après quelques instants, avec une intensité beaucoup plus grande que celle que l'on constate ordinairement au point considéré, en l'absence de fading.

Une observation très importante sur le compartiment des ondes courtes se réfère aux variations diurnes et saisonnières des signaux. On peut dire en général qu'à une certaine distance de l'émetteur, de jour, les ondes courtes conviennent le mieux, et, de nuit, les ondes longues sont préférables. En hiver, la portée des ondes augmente par rapport à celle que l'on obtient en été. Aux différentes heures du jour et dans les différentes saisons, l'onde à employer pour une distance donnée dépend de la luminosité du parcours. Pour avoir une idée générale du comportement des différentes fréquences de la bande de 4.000 à 22.000 kc : s, il est utile d'examiner le tableau suivant, contenu dans un rapport présenté par les États-Unis d'Amérique lors de la réunion du C.C.I.R. de Copenhague (1931). (Voir le *Recueil des documents du C.C.I.R.*, Copenhague 1931, page 69).

Parmi les phénomènes dont on a dû tenir compte pour encadrer dans des théories acceptables la propagation des ondes courtes, il y a encore les effets de nuit, les effets de polarisation, les phénomènes d'écho, l'affaiblissement exceptionnel de l'onde de 214 m.

Si l'on cherche à déterminer, à l'aide d'un radiogoniomètre, la direction d'arrivée d'un signal à ondes courtes, on a quelquefois, de jour, des résultats assez précis, tandis qu'à d'autres instants, et notamment la nuit, il est presque impossible de faire la mesure, car, apparemment, le signal provient de directions différentes et extrêmement variables : c'est ce qu'on appelle un *effet de nuit*.

Pour définir le plan de *polarisation* d'une onde à l'arrivée, on se réfère généralement à la composante électrique du champ.

On appelle plan de polarisation le plan qui contient cette com-

posante et la direction de propagation. Pour les ondes longues et, dans beaucoup de cas, même pour les ondes courtes, le champ électrique, près du sol, est vertical, de sorte que l'onde est polarisée dans un plan vertical. Mais les ondes courtes peuvent aussi avoir une composante horizontale du champ électrique de sorte que le plan de polarisation est alors incliné. Il peut aussi se faire que le champ électrique tourne à droite ou à gauche, quelquefois même en variant périodiquement d'intensité, suivant la phase relative des deux composantes [1] ; on a alors la polarisation circulaire ou elliptique.

Les phénomènes d'*écho* consistent en ce que les signaux sont, dans certaines circonstances, répétés une ou plusieurs fois à intervalles de temps variant d'une petite fraction de seconde à plusieurs secondes.

Si on trace une courbe des portées moyennes atteintes, à puissance d'émission égale, par les différentes ondes dans le service pratique, on constate une diminution marquée pour les ondes proches de 200 m. Au-dessous de cette gamme, la portée augmente à nouveau très rapidement.

FRÉQUENCES LES PLUS FAVORABLES POUR DIVERSES DISTANCES

FRÉQUENCES (longueurs d'onde)	DISTANCES			
	En été		En hiver	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit
kc : s (m)	milles		milles	
4.000 (75)	0, 200	0, 500	0, 300	0, 2.000
6.000 (50)	0, 300	200, 800	0, 400	500, 2.500
8.000 (37,5)	250, 800	650, 2.600	300, 1.000	2.000, 3.500
13.000 (23)	600, 1.800	2.000, 3.500	800, 2.200	
17.000 (17,5)	1.000, 3.500		1.500, 3.000	
22.000 (13,5)	2.000 et plus		3.000 et plus	

1. Pour les relations entre les phases de deux vecteurs et la disposition de leur résultante, voir l'étude oscillographique citée dans l'article « Comparaison à distance d'étalons de basse fréquence ». (*Journal télégraphique*, mars 1933.)

Il y a cependant une limite inférieure correspondant aux ondes d'environ 8 à 9 m. le jour, et 19 m. la nuit. Les ondes plus courtes paraissent avoir, selon l'expérience actuelle, des portées de plus en plus limitées, mais il se peut que le dernier mot n'ait pas encore été dit à cet égard.

Les expériences faites par Marconi en 1931 ont démontré, par exemple, que les micro-ondes (0,5 m.), en dépit de l'opinion généralement admise, peuvent être reçues au delà de la portée géographique.

***

L'hypothèse de Kennelly-Heaviside, relative à la présence d'une couche conductrice dans la haute atmosphère, a été précieuse pour déterminer le cadre des phénomènes que, d'une manière d'ailleurs très incomplète et sommaire, nous avons ébauchés.

La constitution, la pression et la température ainsi que l'ionisation de l'atmosphère aux différentes altitudes, les causes qui peuvent produire ou faire disparaître cette ionisation, la hauteur de la couche ou des couches ionisées et ses lois de variation, ont formé l'objet d'expériences et d'études approfondies et étendues.

Le physicien, l'astronome, le météorologue, ont coordonné leurs efforts avec ceux du radiotélégraphiste et du mathématicien en vue de soumettre à des hypothèses, à des théories et au calcul, un sujet qui, par son ampleur et sa complexité, se montrait parmi les plus rebelles aux déductions théoriques.

Nous ne pouvons que résumer ici d'une manière très succincte les idées qui paraissent avoir été acquises actuellement au sujet de la propagation des ondes courtes et sur lesquelles la plupart des théories ont été basées. Nous nous proposons aussi de mettre en évidence quelques-unes des vérifications expérimentales les plus significatives qui paraissent confirmer les hypothèses formulées.

Le point de départ des théories électroioniques est fondée sur l'hypothèse que le rayon électromagnétique, en pénétrant dans la zone ionisée de la haute atmosphère, subit une réfraction qui lui confère une courbure vers le bas. On démontre, en effet, par des

considérations assez élémentaires, que si un champ sinusoïdal de pulsation $\omega = 2\pi f$ est placé dans une région occupée par un nuage de N ions par unité de volume, la présence de ces ions ramène la constante diélectrique de l'atmosphère au-dessous de l'unité (valeur qu'elle a dans les conditions d'isolement parfait), de la quantité $\Delta\varepsilon = \frac{4\xi e^2}{m}\frac{N}{\omega^2}$ dans laquelle e et m désignent la charge et la masse de chaque ion. Les électrons, dont la masse est beaucoup plus petite que celle des ions (1/1850 par rapport à la masse de l'hydrogène), doivent seuls être considérés ici, de sorte qu'en substituant à e et m leurs valeurs [1], on a $\Delta\varepsilon = 8{,}27 \times 10^7 . N/f^2$.

Comme la vitesse de propagation v des ondes électromagnétiques est inversement proportionnelle à la racine carrée de la constante diélectrique, en appelant $c = 3 \times 10^8$ m.sec.$^{-1}$, la vitesse des ondes dans l'atmosphère non ionisée, on trouve, pour une fréquence donnée $v = c/\sqrt{1 - \Delta\varepsilon}$.

L'ionisation de la haute atmosphère fait donc augmenter les vitesses de propagation des différentes fréquences (vitesses de phase) au-dessus de la vitesse de la lumière. Cette augmentation est d'autant plus marquée que l'onde est plus longue : toutefois, elle est sensible également pour les ondes courtes. Pour l'onde de 30 m ($f = 10^7$) et dans un milieu ionisé par $N = 10^5$ électrons par cm^3, on a, en effet, $v = 1{,}04\ c$.

Cette conséquence de la théorie électroionique ne doit pas étonner. On doit, en effet, constater qu'elle n'empêche pas que le front de l'onde, ainsi que l'ensemble de la perturbation et, par conséquent, l'énergie électromagnétique, voyagent avec une vitesse (vitesse de groupe) plus petite que la vitesse de la lumière.

L'ionisation à proximité du sol est sensiblement nulle, les actions ionisantes d'origine terrestre étant très petites et irrégulières. Aux grandes altitudes, au contraire, l'ionisation due principalement aux radiations ultra-violettes du soleil [2] est très intense ;

---

1. $e = 4{,}77 \times 10^{-10}$ U. E. S., $m = 8{,}8 \times 10^{-28}$ gr.

2. Selon l'opinion de la plupart des physiciens, d'autres actions ionisantes, telles que les radiations corpusculaires du soleil et les radiations cosmiques, seraient d'influence négligeable sur les phénomènes de propagation.

elle diminue à nouveau et doit, très probablement, redevenir nulle aux altitudes très élevées, où l'espace est presque vide.

Le front d'une onde électromagnétique qui provient de la terre, en pénétrant alors dans des régions où le gradient d'ionisation est positif, doit s'incliner progressivement en avant, jusqu'à ce que, si la fréquence est suffisamment petite, il subisse, à une certaine hauteur, une réflexion totale qui le ramènera vers le sol à une distance relativement courte (1.000 à 2.000 km de l'émetteur). Nous verrons plus loin comment on peut expliquer la propagation pour des distances beaucoup plus grandes.

Dans les conditions supposées, si un rayon pénètre dans la zone ionisée avec un angle d'incidence i, l'optique élémentaire montre qu'en appelant N_0 l'ionisation au point où le rayon subit la réflexion totale, on a : $\cos^2 i = 8{,}27 \times 10^7 . N_0 / f^2$.

On voit par cette formule que si la densité d'ionisation maximum est très petite, les fréquences très élevées ne reviennent à la surface du sol qu'à condition que le rayon pénètre dans la couche ionisée avec une inclinaison suffisamment voisine de la direction horizontale.

En désignant par H la hauteur de la couche ionisée et par R le rayon de la terre, une simple relation géométrique donne, pour la limite supérieure i_{max} de l'angle d'incidence, $\cos i_{max} = 2\,H/R$.

On peut, de cette manière, calculer, pour différentes valeurs de H et de N_{max}, les longueurs d'onde limites qui peuvent être réfléchies par la couche d'Heaviside.

On trouve, par exemple, que, pour $H = 100$ km et $N_{max} = 10^5$ (qui sont des valeurs admissibles), cette longueur d'onde limite est de 18 m.

On peut aussi trouver une relation qui permette de calculer, pour une fréquence donnée, le rayon de courbure du chemin du rayon électromagnétique à l'intérieur de la couche, en fonction de la densité d'ionisation et du gradient de cette ionisation. Une telle relation justifie l'hypothèse que, pour chaque longueur d'onde, le rayon, pour un angle d'incidence approprié, après avoir atteint une certaine hauteur au-dessus du sol, marche autour de la terre

en demeurant à l'intérieur de la couche ionisée pour descendre au sol à des distances très éloignées de l'émetteur.

Ce n'est pas là l'unique hypothèse qui puisse expliquer la propagation des ondes courtes à très grande distance (2.000 à 20.000 km). On peut aussi concevoir une suite de réfractions dans la couche d'Heaviside et de réflexions par le sol. Toutefois, d'après P. O. Pedersen [1] il n'est pas probable que la transmission ait lieu de cette seconde manière à cause des dispersions d'énergie très grandes qu'on doit avoir à chaque réflexion.

Naturellement, une vérification expérimentale rigoureuse du mécanisme de propagation est très difficile à réaliser, à cause de la méconnaissance de l'état d'ionisation et de la hauteur de la couche ionisée. Ces conditions sont variables suivant les heures de la journée et les saisons et elles ne sont pas uniformes le long du parcours, étant donné que le rayon traverse, en général, des zones ayant des luminosités différentes (plein jour, crépuscule, nuit).

Il faut d'ailleurs tenir compte que d'autres circonstances compliquent davantage le phénomène.

En effet, la présence d'un champ électromagnétique à haute fréquence doit accroître l'agitation des électrons de la couche d'Heaviside : il s'ensuit une absorption due au nombre accru des collisions entre les électrons vibrants et les atomes. Cette absorption est plus importante pour les ondes longues que pour les ondes courtes, de sorte que celles-ci sont préférables, même à ce point de vue, pour les transmissions à longue distance.

On a essayé enfin de dresser des théories qui tiennent compte de l'action exercée sur les électrons soumis à un champ alternatif de haute fréquence, par la présence du champ magnétique terrestre.

Un électron de charge e et de masse m soumis à une force électrique alternative $F \sin \omega t$, perpendiculaire à un champ magnétique permanent H, acquiert, par la loi des actions électromagnétiques, un mouvement elliptique dans un plan normal au champ.

---

1. L'ouvrage vraiment fondamental de P. O. Pedersen « *The propagation of Radio Waves* », Copenhague 1927, peut être considéré comme le plus complet dans ce dcmaine.

On peut démontrer que si la fréquence $f_r = \omega_r / 2\pi$ de la force électrique satisfait à la relation $\omega_r\, m = He$, on a un phénomène de résonance. Dans l'hypothèse du champ magnétique terrestre ($H = 0{,}5$ gauss), on a $f_r = 1400$ kc : s qui correspond à une longueur d'onde de 214 m. Pour cette longueur d'onde, on doit avoir un maximum d'absorption, ce qui paraît avoir été constaté expérimentalement, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Une autre conséquence de la théorie magnétoionique est qu'une onde qui se propage normalement à un champ magnétique (dans le cas du champ terrestre en direction est-ouest près de l'équateur) doit se séparer en deux ondes composantes polarisées à angle droit de vitesse différente avec un effet de biréfringence, tandis qu'une onde qui se propage dans la direction du champ (direction nord-sud) doit se séparer en deux composantes polarisées circulairement en sens inverse qui marchent ensemble, avec, pour seul effet, une rotation de l'angle de polarisation.

On a tenté récemment, paraît-il, avec succès, des vérifications expérimentales en laboratoire de ces quelques conséquences de la théorie magnétoionique [1].

L'existence de la couche d'Heaviside a été aussi prouvée expérimentalement par la mesure de sa hauteur.

Les procédés suivis par différents expérimentateurs pour déterminer cette hauteur peuvent être classés en trois groupes, suivant qu'on fait dépendre la mesure de la valeur de la vitesse des signaux ou de la valeur de la vitesse de phase ou qu'on observe l'inclinaison du champ électrique à l'arrivée du signal.

Le premier groupe comprend, d'une part, les méthodes qui font intervenir la courbure de la terre en utilisant la propagation à très grande distance dans la couche d'Heaviside et, d'autre part, les méthodes comprenant les expériences faites sur des transmissions à courte distance pour lesquelles la courbure de la terre n'intervient pas.

---

1. G. Todesco, *Recherches expérimentales sur la propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu ionisé magnéto-actif*, « *Alta Frequenza* », vol. 1, n° 1, mars 1932.

Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit d'enregistrer l'intervalle de temps compris entre les instants de réception d'un même signal qui provient de deux trajets différents.

Ainsi l'on peut enregistrer le signal qui parcourt l'arc de grand cercle compris entre les deux stations par la voie la plus courte et par la voie la plus longue autour de la terre (écho) ; c'est la méthode employée par Quâck et Wagner. Comme la densité des ions à la hauteur atteinte par les rayons n'est pas connue, cette méthode présente l'inconvénient de fournir une mesure affectée par l'erreur due à l'incertitude de la vitesse de propagation de groupe. On ne peut donc déterminer par ce procédé que la limite de la hauteur correspondant à la vitesse de la lumière. Des essais répétés ont montré que la hauteur ne peut pas dépasser 350 km.

En mesurant la hauteur plus exactement par d'autres méthodes, le procédé de Quâck et Wagner se prête très bien pour estimer la densité moyenne des ions dans les régions parcourues par les rayons.

D'après l'opinion de V.E. Appleton, les mesures à courte distance donnent la preuve la plus directe de l'existence d'une couche conductrice supérieure ; les avantages des expériences à courte distance dérivent du fait qu'on utilise l'onde directe qui arrive à la station de réception comme terme de comparaison pour étudier l'amplitude, la phase et la polarisation des ondes atteignant le récepteur après avoir passé par la haute atmosphère.

Suivant ce principe, Appleton et Barnett ont pu, les premiers, démontrer, en 1925, l'existence de la couche ionisée et en mesurer la hauteur. Ils ont trouvé qu'une variation continue de la fréquence émise produisait des maxima et minima de l'intensité du signal reçu, à cause de l'interférence entre le rayon direct et le rayon réfléchi.

En mesurant le nombre des maxima du signal reçu correspondant à une certaine variation continue de fréquence, ils ont pu déduire la différence du parcours et, par la résolution d'un triangle, la hauteur de la couche.

Dans une seconde partie de l'expérience, Appleton et Barnett ont pu démontrer que le faisceau d'onde qui produit les interférences provient bien de la haute atmosphère. Ils ont étudié pour

cela les variations du signal sur une antenne verticale et sur un cadre placé dans le plan vertical des deux stations lorsqu'on faisait varier régulièrement la fréquence émise.

Ces deux méthodes appartiennent, respectivement, aux deuxième et troisième groupes susvisés.

Un autre procédé de mesure à courte distance qui profite de la vitesse de groupe, est celui de Breit et Tuve. Ces deux expérimentateurs utilisèrent une station d'émission pour envoyer de courtes impulsions d'énergie à fréquence radioélectrique et mesurèrent l'intervalle de temps compris entre l'arrivée des impulsions du signal reçu, soit directement, soit par l'atmosphère.

On peut enfin (Mirick et Hentschel) noter la vitesse des variations d'un signal périodique quand la station d'émission, qui est placée sur un aéroplane, se déplace uniformément par rapport au poste récepteur. L'azimut du rayon à l'arrivée peut être déterminé en fonction de la vitesse de la station d'émission et de la fréquence de la variation du signal périodique. On est dans le cas du troisième groupe de mesure.

On peut résumer les résultats obtenus par de nombreuses séries de mesures exécutées par les différentes méthodes en disant (Appleton) qu'il y a maintenant une très grande preuve de l'existence de deux régions réfléchissantes : la couche de Kennelly-Heaviside (région E), dont la hauteur moyenne, qui augmente légèrement avec la fréquence, est de l'ordre de 100 km, et la couche supérieure d'Appleton (région F), qui est plus riche en ionisation et dont l'altitude équivalente est de l'ordre de 230 km.

A une heure quelconque du jour, il y a une certaine fréquence critique pour la région E et des fréquences supérieures à cette valeur sont renvoyées par la région F. De très hautes fréquences pénètrent à la fois dans la région E et dans la région F.

***

Quoique les théories de propagation donnent une explication assez satisfaisante de tous les phénomènes observés, on est loin de pouvoir les utiliser pour prévoir la valeur du champ électrique des différentes ondes aux diverses distances pour les diverses heures

du jour et au cours des différentes saisons, problème pratique de la plus grande importance dont la solution serait très utile aux radiotechniciens, surtout lorsqu'il s'agit de projeter de nouveaux services.

Malheureusement, les théories présupposent la connaissance de certains éléments de la haute atmosphère tels que la densité et le gradient d'ionisation, qui sont très variables dans le temps et dans l'espace, quoique avec une allure à peu près cyclique dans la journée et dans l'année [1].

L'instrument le plus efficace pour déterminer les caractéristiques de la haute atmosphère est précisément l'étude expérimentale de la propagation pratique des ondes courtes. On voit qu'on tourne ici, en quelque sorte, dans un cercle vicieux, dont on ne peut sortir actuellement qu'à l'aide d'un seul remède : multiplier et coordonner entre elles les observations en enregistrant avec soin toutes les circonstances de temps et de lieu dans lesquelles on opère.

On trouve déjà, dans la littérature technique, de nombreux exemples de diagrammes, fruits d'expériences, qui donnent pour différentes ondes, de jour et de nuit et pour différentes saisons, les portées, le champ électrique ou la force des signaux à distance.

Cependant, il faut souvent se garder de généraliser les résultats de ces diagrammes sans tenir dûment compte des conditions particulières qui assurent leur validité.

Il est donc à souhaiter que, non seulement tous ceux qui président aux services à ondes courtes recueillent sans cesse la moisson la plus abondante possible de résultats expérimentaux, mais que toutes les statistiques soient dressées suivant des règles précises, de manière que ces résultats soient plus aisément comparables. Les organismes internationaux tels que l'Union radioscientifique internationale et le Comité consultatif international technique des radiocommunications ont sans doute l'autorité et la compétence nécessaires pour dicter les règles à suivre en vue de tirer des observations les conséquences les plus utiles au point de vue soit pratique, soit scientifique.

---

1. Il est possible que quelques-uns de ces éléments subissent aussi des variations à période plus longue, par exemple, en relation avec l'activité du soleil.

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

CALCUL DE L'ÉQUIVALENT DE RÉFÉRENCE D'UNE LIAISON TÉLÉPHONIQUE,

par R. BIGORGNE et P. MARZIN,
ingénieurs des Postes et Télégraphes.

I. Introduction.

On a indiqué dans un précédent article [1], le procédé de calcul qui peut être employé pour déterminer l'équivalent de référence du système émetteur (ou récepteur) national, c'est-à-dire du système constitué par le poste de l'abonné et toute la chaîne des lignes et des organes qui le rattachent à l'origine du circuit international. Dans ce mode de calcul, on décompose le *système national* en deux parties : la première de ces parties, que nous désignerons par *système local*, est constituée, dans le cas d'un poste à batterie locale, par le poste lui-même ; dans le cas d'un poste à batterie centrale, le système local comprend non seulement le poste d'abonné mais encore la ligne qui le raccorde à son bureau d'attache et les organes de ce bureau ; la seconde partie du système national, que nous désignerons par *liaison*, est constituée par la chaîne des lignes et des bureaux qui raccordent le système local à l'origine du circuit international. Si l'on désigne par T l'impédance de sortie du *système local* (fonctionnant en émetteur), mesurée à la fréquence de 800 p : s, par b_T l'équivalent de référence du *système local* (fonctionnant en émetteur), mesuré par des essais téléphonométriques, et par B (T, 600) l'affaiblissement effectif à 800 p : s de la *liaison*, fermée sur des impédances

1. *Sur le calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison téléphonique complexe*, par R. Bigorgne, *Annales des P.T.T.*, août 1933.

respectivement égales à T et à 600 ohms, l'équivalent de référence du système émetteur national est égal à la somme algébrique [1] :

$$b_T + B\,(T, 600) + \log_e \left| \frac{2\sqrt{600\,T}}{T + 600} \right| \text{ (népers).} \qquad (1)$$

De même, si l'on désigne par R l'impédance d'entrée du *système* local (fonctionnant en récepteur), mesurée à la fréquence de 800 p : s, par b_R l'équivalent de référence du *système local* (fonctionnant en récepteur), mesuré par des essais téléphonométriques, et par $B\,(600, R)$ l'affaiblissement effectif à 800 p : s de la *liaison*, fermée sur des impédances respectivement égales à 600 ohms et à R, l'équivalent de référence du système récepteur national est égal à la somme algébrique :

$$b_R + B\,(600, R) + \log_e \left| \frac{2\sqrt{600\,R}}{600 + R} \right| \text{ (népers).} \qquad (2)$$

Comme on le voit, la frontière qui sépare le *système local* (système dont les qualités de transmission sont appréciées par des essais téléphonométriques) de la *liaison* (système dont les qualités de transmissions sont déterminées par des mesures à fréquence unique) est différente suivant qu'il s'agit d'un poste à batterie locale ou d'un poste à batterie centrale : l'équivalent de référence d'un poste à batterie centrale dépend en effet beaucoup de l'intensité du courant d'alimentation et dépend par conséquent de la tension de la batterie centrale, de la résistance des organes du bureau et de la résistance de la ligne ; on peut, par suite, considérer comme avantageux d'incorporer le bureau d'attache et la ligne de l'abonné dans le système local. Mais on peut tout aussi bien (et tout en tenant compte de l'influence du courant d'alimentation) adopter un autre point de vue et réduire le système local au seul poste d'abonné, qu'il s'agisse d'un poste à batterie centrale ou d'un poste à batterie locale. Le but de la présente étude est notamment de justifier ce point de vue et d'indiquer un procédé de calcul uniforme des équivalents.

L'administration vient, d'autre part, de généraliser l'emploi

1. La justification de ce procédé de calcul a été indiquée dans l'article mentionné ci-dessus.

d'une nouvelle capsule microphonique dans les postes à batterie centrale (capsule à diaphragme ondulé, 324 *bis* M1) ; les caractéristiques de cette capsule étant un peu différentes des caractéristiques des capsules employées jusqu'ici, il n'était pas inutile de reprendre les travaux antérieurs, notamment en ce qui concerne la variation de l'équivalent du poste en fonction des conditions d'alimentation.

II. Postes a batterie centrale.

Les caractéristiques d'un poste d'abonné, intervenant dans le calcul d'un équivalent de référence, sont, on l'a vu plus haut, d'une

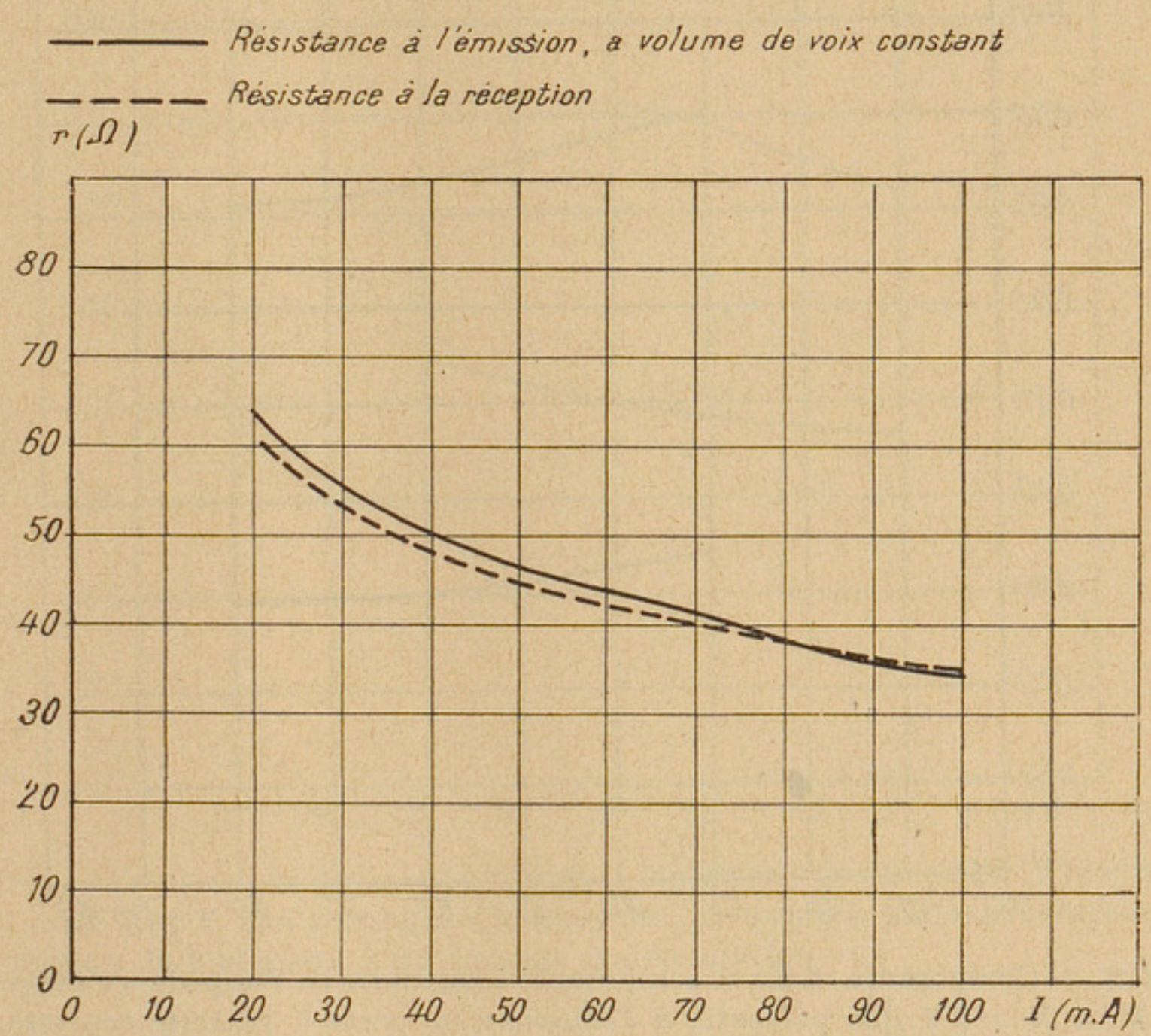


Fig. 1. — Résistance moyenne du microphone du poste à batterie centrale, à 800 p : s, en fonction de l'intensité I du courant continu d'alimentation.

part l'impédance T et l'équivalent de référence b_T du poste fonctionnant comme émetteur et d'autre part l'impédance R et l'équivalent de référence b_R du poste fonctionnant comme récepteur.

1. Impédances du poste. — L'impédance du poste dépend : de la résistance de la capsule microphonique,

de l'intensité du courant continu d'alimentation,

de l'intensité du courant sinusoïdal (de fréquence 800 p : s) utilisé pour effectuer la mesure.

a) *Résistance de la capsule microphonique.* — La résistance de la capsule microphonique dépend :

du degré d'agitation de la grenaille,

de l'intensité du courant continu d'alimentation.

La figure 1 indique les variations de la résistance moyenne

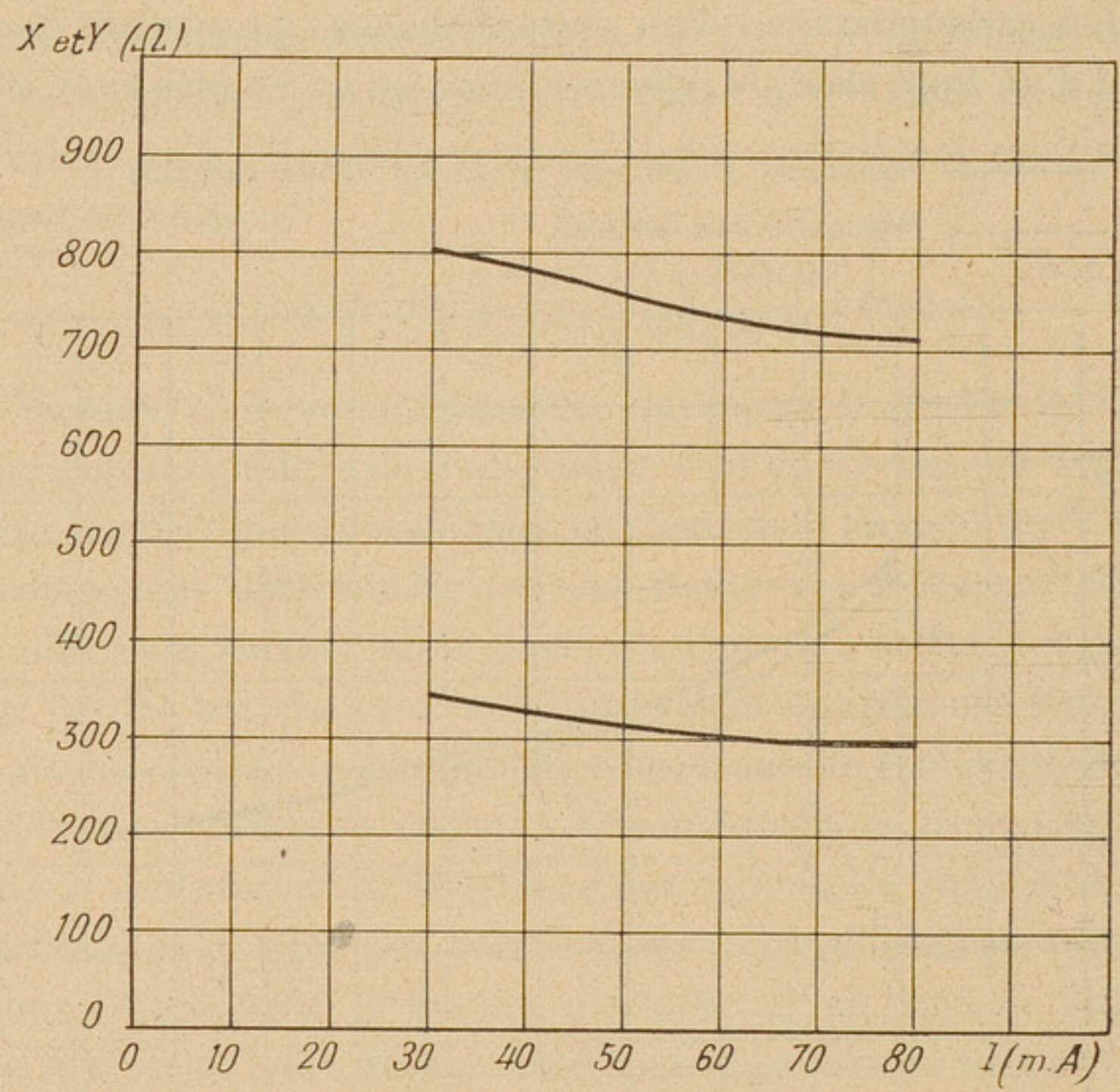


Fig. 2. — Composante réelle et composante imaginaire de l'impédance moyenne $T = X + jY$ que présente, *à l'émission*, un poste à batterie centrale, en fonction de l'intensité I du courant d'alimentation.

d'une capsule, en fonction de l'intensité du courant d'alimentation. La courbe en trait plein correspond à la résistance de la capsule du poste fonctionnant en émetteur : le degré d'agitation de la grenaille était réglé à une valeur moyenne, à peu près constante, correspondant aux conditions normales d'une conversation téléphonique. La résistance de la capsule du poste fonctionnant en récepteur

(la grenaille se trouvant alors en repos) est donnée par la courbe en pointillé de la figure 1.

La méthode employée pour effectuer ces mesures est décrite dans l'Annexe I.

b) *Impédance du poste, fonctionnant en émetteur.* — La figure 2 représente la variation de l'impédance moyenne d'un poste fonc-

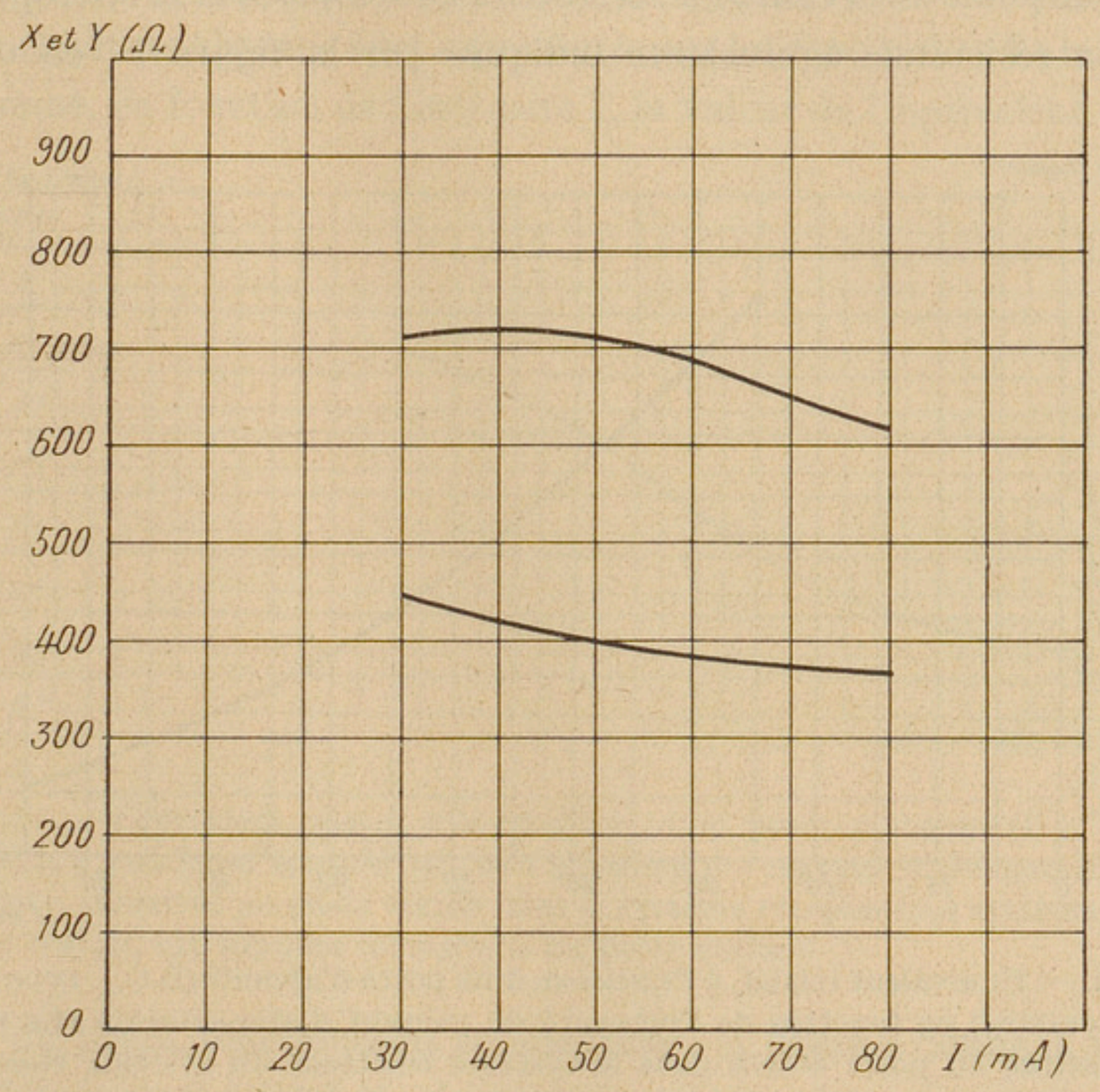


Fig. 3. — Composante réelle et composante imaginaire de l'impédance moyenne $R = X + j\,Y$ que présente, *à la réception,* un poste à batterie centrale, en fonction de l'intensité I du courant d'alimentation.

tionnant en émetteur, en fonction du courant continu d'alimentation. Chaque point de la courbe a été obtenu en remplaçant le microphone par la résistance équivalente indiquée par la figure 1 ; en outre, pour chaque mesure, on a réglé l'intensité du courant sinusoïdal de fréquence 800 p : s à une valeur qui corresponde aux conditions réelles d'utilisation. Comme la force électromotrice du poste, fonctionnant en émetteur, varie, pour un volume de voix donné, avec l'intensité du courant continu d'alimentation, on a dû, pour

réaliser cette condition, faire varier l'intensité du courant alternatif de mesure en fonction de l'intensité du courant continu d'alimentation.

c) *Impédance du poste, fonctionnant en récepteur.* — La figure 3 représente la variation de l'impédance moyenne d'un poste fonctionnant en récepteur, en fonction du courant continu d'alimentation. Chaque point de la courbe a été obtenu en remplaçant le microphone par la résistance équivalente indiquée par la figure 1 ; en outre

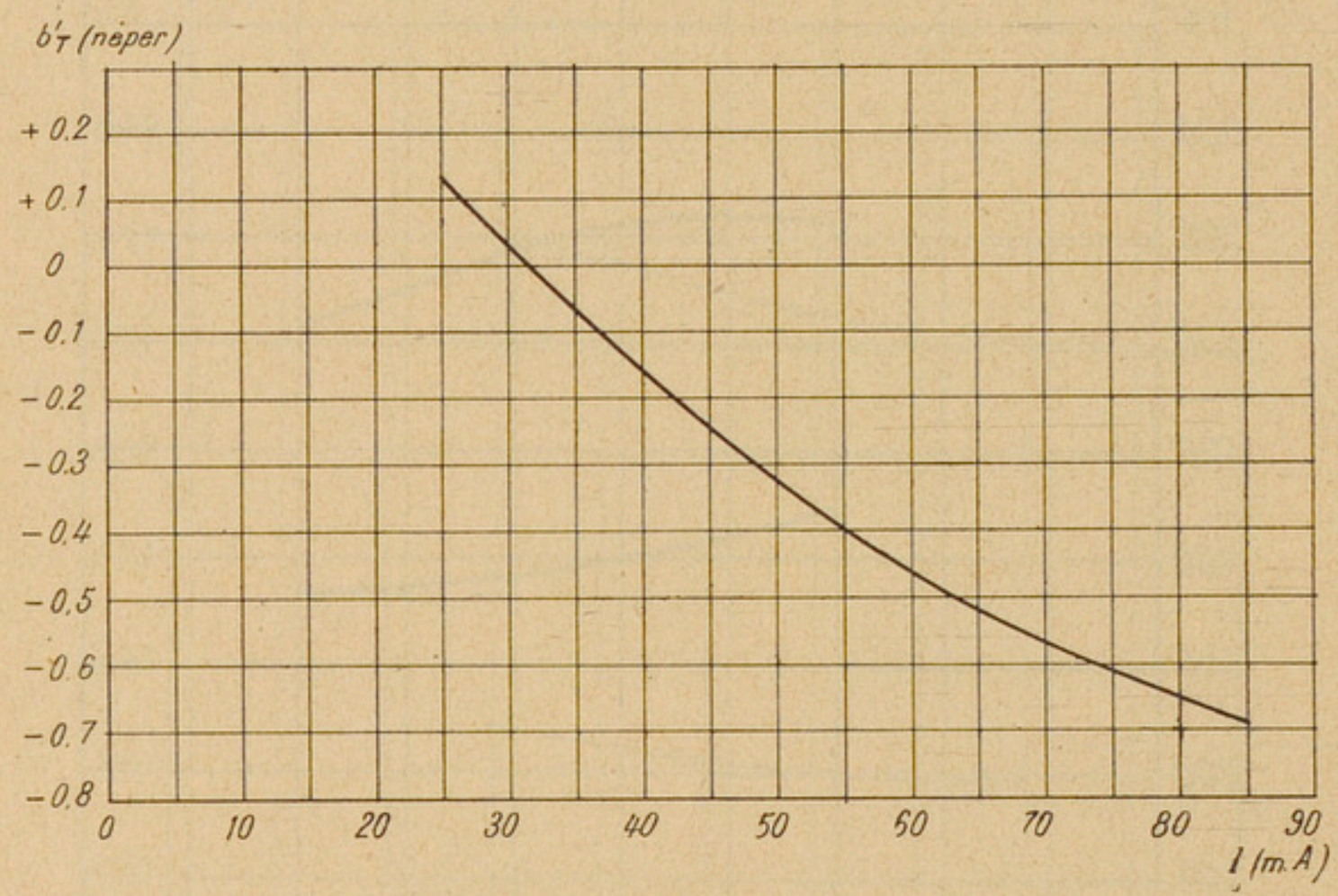


Fig. 4. — Equivalent relatif, *à l'émission*, d'un poste d'abonné (B.C.I. type 1924, à combiné) en fonction de l'intensité du courant d'alimentation (Le poste, substitué au poste étalon dans le système émetteur du système étalon de travail, est supposé *comparable* au poste étalon).

l'intensité du courant alternatif de mesure a été réglée à une valeur très faible (de l'ordre de 0,1 milliampère). Les méthodes employées pour effectuer ces mesures d'impédance sont indiquées dans l'Annexe II.

2. Equivalent de référence du poste. — Aux essais de réception, un poste à batterie centrale, comparé (par substitution) au poste étalon du système émetteur (ou récepteur) du système-étalon de travail doit avoir des qualités téléphonométriques comparables

à celles de ce poste étalon ; une tolérance est toutefois consentie qui est de :

0,10 néper à l'émission,
0,30 néper à la réception.

On a mesuré l'équivalent relatif d'un poste à batterie centrale, considéré isolément, en fonction de l'intensité I du courant continu d'alimentation. Le montage employé est indiqué dans l'Annexe II. Les résultats obtenus sont représentés sur les figures 4 et 5 ; la figure 4 donne, en fonction de l'intensité I, la valeur de l'équivalent relatif

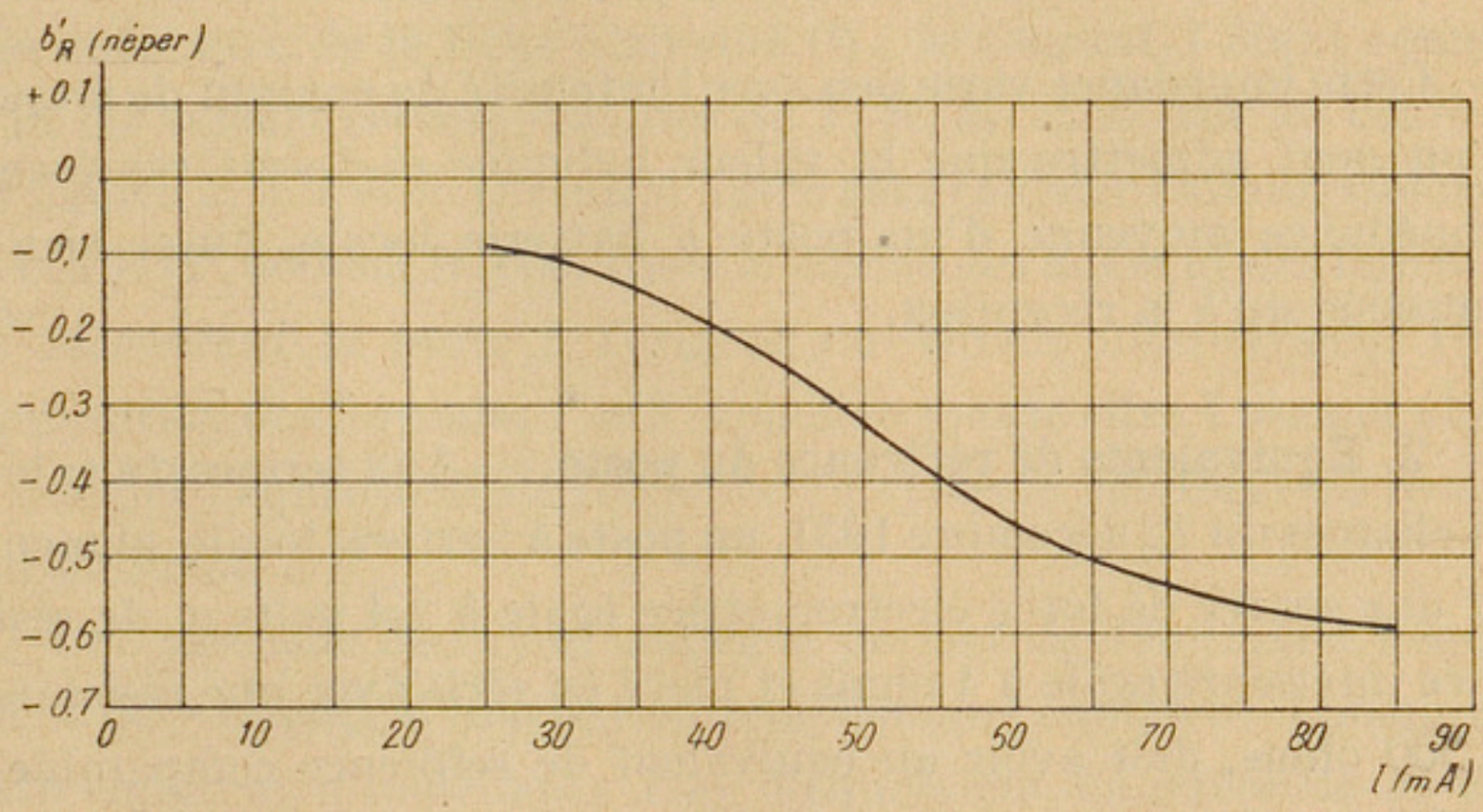


Fig. 5. — Equivalent relatif, *à la réception*, d'un poste d'abonné (B.C.I. type 1924, à combiné) en fonction de l'intensité du courant d'alimentation (Le poste, substitué au poste étalon dans le système récepteur au système étalon de travail, est supposé *comparable* au poste étalon).

b'_T du poste, fonctionnant en émetteur ; la figure 5 donne la valeur de l'équivalent relatif b'_R du poste fonctionnant en récepteur.

Les équivalents de référence du système émetteur et du système récepteur du système étalon de travail étant respectivement égaux à 0,75 néper et à 0,0 néper [1], les équivalents de référence maxima b_T, b_R, d'un poste à batterie centrale sont donnés par les sommes algébriques :

à l'émission : $b_T = b'_T + 0{,}75 + 0{,}10$ (néper)

à la réception : $b_R = b'_R + 0{,}0 + 0{,}30$ (néper).

1. Des essais, actuellement en cours d'exécution au Laboratoire du Système fondamental de référence, conduiront sans doute à modifier ces nombres de base et à remanier la circulaire n° 698, L.E.T.P. (août 1930) dont ils sont extraits.

III. Postes a batterie locale.

1. Impédances du poste. — La résistance d'une capsule microphonique de poste à batterie locale est en moyenne égale à 8 ohms (aussi bien à l'émission qu'à la réception).

L'impédance du poste (dans lequel on remplace le microphone par une résistance de 8 ohms), mesurée à la fréquence de 800 p : s, a la valeur moyenne suivante :

$$T = R = 1\,050 + j\,450 \text{ (ohms)}.$$

Cette impédance varie peu avec l'intensité du courant de mesure et on peut admettre que la valeur indiquée ci-dessus représente l'impédance moyenne d'un poste à batterie locale, aussi bien à l'émission qu'à la réception.

2. Equivalents de référence du poste. — Aux termes du cahier des charges du 12 décembre 1931, un poste à batterie locale, alimenté par une source de force électromotrice égale à 2,4 volts et de résistance intérieure égale à 4 ohms et placé en série avec une résistance de 300 ohms, doit avoir un équivalent de référence comparable à celui du système émetteur ou récepteur du système étalon de travail; aucune tolérance n'est consentie à l'émission ; à la réception une tolérance de 0,30 néper est accordée. Si l'on supprime la résistance de 300 ohms (mise en série avec le poste, pour les essais de réception) l'équivalent est réduit de 0,15 néper. D'autre part, en remplaçant la source de force électromotrice 2,4 volts et de résistance 4 ohms par deux éléments de pile sur le point d'être rebutés (c'est-à-dire donnant chacun une tension de 0,8 volt aux bornes d'une résistance de 5 ohms), on accroit l'équivalent du poste, fonctionnant en émetteur, de 0,10 néper environ. Si l'on tient compte de la valeur des équivalents de référence du système émetteur et du système récepteur du système étalon de travail, on peut dire en définitive que l'équivalent de référence d'un poste à batterie locale ne dépasse pas les valeurs suivantes, à savoir :

à l'émission : $b_T = -0{,}15 + 0.10 + 0.75 + 0{,}0 = +0{,}70$ néper.
à la réception : $b_R = -0{,}15 + 0{,}0 + 0{,}0 + 0{,}30 = +0{,}15$ néper.

IV. Calcul des équivalents de référence.

Les indications données sous les titres II et III permettent de déterminer l'impédance T ou R et l'équivalent de référence b_T ou b_R d'un poste d'abonné à batterie centrale ou à batterie locale. Dans le cas d'un poste à batterie centrale, ces grandeurs dépendent des conditions d'alimentation du poste ; on peut calculer l'intensité du courant continu I alimentant le poste, quand on connaît la tension de la batterie centrale, la résistance du pont d'alimentation et la résistance de la ligne d'abonné (1) ; le courant I étant connu, on lit les valeurs correspondantes de T, R, b_T et b_R sur les courbes des figures 2, 3, 4 et 5. On sait d'autre part calculer l'affaiblissement effectif $B(T, 600)$ ou $B(600, R)$ de la chaîne des lignes et des bureaux qui raccordent le poste à l'origine du circuit international (2) : l'application des formules 1 et 2 rappelées sous le titre I permet alors de calculer l'équivalent de référence du système émetteur ou récepteur national.

Une méthode de calcul analogue permet de déterminer l'équivalent de référence d'une liaison téléphonique complète. Lorsqu'un poste émetteur d'impédance T et d'équivalent de référence b_T est raccordé à un poste récepteur d'impédance R et d'équivalent de référence b_R par une ligne dont l'affaiblissement effectif, mesuré à 800 p : s sur des impédances terminales respectivement égales à T et R, est $B(T, R)$, l'équivalent de référence de la liaison complète est donné par la formule :

$$b = b_T + B(T, R) + b_R + \log_e \left| \frac{2\sqrt{600\,T}}{600 + T} \right| + \log_e \left| \frac{2\sqrt{600\,R}}{600 + R} \right| \quad (3)$$

La justification de cette formule est donnée dans l'Annexe III.

---

1. La résistance totale du poste d'abonné, à batterie centrale, à microtéléphone combiné, s'obtient en ajoutant 40 ohms à la résistance de la capsule microphonique.

2. Une méthode graphique de calcul a été indiquée dans l'article *Sur le calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison téléphonique complexe*, *Annales des P.T.T.*, août 1933.

V. Exemple numérique.

Appliquons les considérations précédentes au calcul de l'équivalent de référence du système émetteur constitué par un poste d'abonné du bureau de St-Didier et par toute la chaîne des lignes et des bureaux qui raccordent ce poste au bureau interurbain de Lyon (fig. 6).

L'équivalent de référence cherché est donné (Titre I) par l'expression :

$$b_T + B\,(T, 600) + \log_e \left| \frac{2\sqrt{600\,T}}{T + 600} \right| \text{ (népers)}, \qquad (1)$$

dans laquelle b_T désigne l'équivalent de référence du poste fonctionnant en émetteur T l'impédance de sortie de ce poste et $B\,(T, 600)$ l'affaiblissement effectif à 800 p : s de la liaison raccordant le poste au bureau interurbain (ce bureau y compris).

1. Calcul de b_T et de T. — Dans les conditions d'alimentation correspondant au schéma de la figure 6, le poste de l'abonné de St-Didier est alimenté par un courant voisin de 60 milliampères. Dans ces conditions, l'impédance T du poste est voisine (fig. 2) de :

$$T = 725 + j\,300 \text{ (ohms)} ;$$

son équivalent relatif, à l'émission, est voisin (fig. 4) de :

$$b'_T = -0{,}45 \text{ néper.}$$

L'équivalent de référence du poste a donc pour expression (11,2), dans les conditions les plus défavorables :

$$b_T = b'^T + 0{,}75 + 0{,}10 = +\,0{,}40 \text{ néper.}$$

Le terme

$$\log_e \left| \frac{2\sqrt{600\,T}}{T + 600} \right|$$

a la valeur + 0,01 néper.

2. Calcul de $B\,(T, 600)$. — On a effectué le calcul de cet affaiblissement effectif en appliquant la méthode graphique indiquée à la note de la page 5 ; on a adopté comme valeurs des caractéristiques des différentes lignes entrant dans la constitution de la liaison les

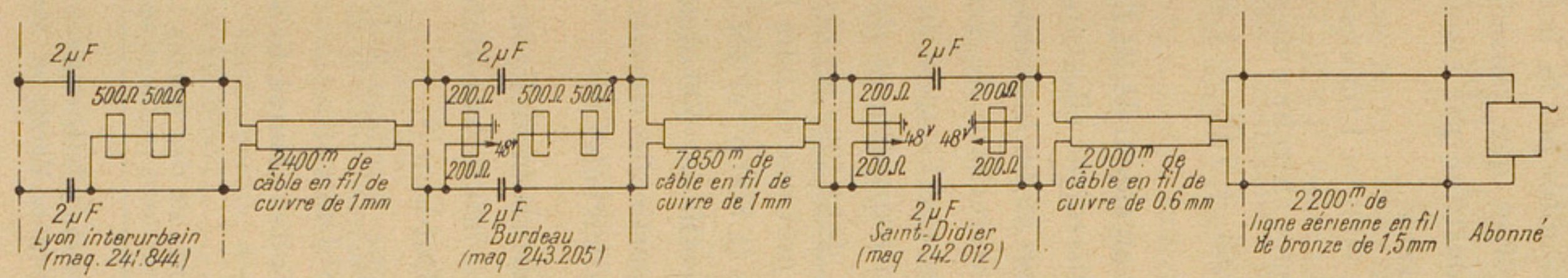


Fig. 6. — Liaison « Lyon-interurbain — Burdeau — St-Didier — abonné ».

valeurs indiquées dans un précédent article [1] ; des mesures effectuées sur les bureaux empruntés par la liaison, ont fait connaître les caractéristiques complètes que possède, dans les conditions d'emploi, le quadripôle constitué par chacun de ces bureaux. Ce calcul donne le résultat suivant :

$$B\ (T,\ 600) = 1{,}05 \text{ néper.}$$

L'équivalent de référence cherché a donc la valeur :

$$+\ 0{,}40\ +\ 0{,}01\ +\ 1{,}05\ =\ 1{,}46 \text{ néper.}$$

3. Remarque relative au calcul de $B(T, 600)$. — La détermination rigoureuse de l'affaiblissement effectif de la liaison constituée par toute la chaîne des lignes et des bureaux qui raccordent le poste de l'abonné au bureau interurbain de Lyon est une opération longue et compliquée. Bien que l'emploi de la méthode graphique indiquée dans l'article précité simplifie et abrège cette opération, on ne peut songer à effectuer, dans tous les cas, un calcul rigoureux : on se contente souvent en pratique de faire la somme arithmétique des affaiblissements images (à 800 p : s) des différentes lignes et des pertes (affaiblissements effectifs sur 600 ohms à 800 p : s) des diffirents bureaux. Dans le cas particulier considéré, ce procédé approché de calcul conduit à l'évaluation suivante :

Perte due au bureau interurbain de Lyon [2].....	0,03	néper
Affaiblissement de la ligne interurbain-Burdeau....	0,17	
Perte due au bureau de Burdeau [2].....	0,05	
Affaiblissement de la ligne Burdeau-St-Didier....	0,55	
Perte due au bureau de St-Didier [2].....	0,05	
Affaiblissement de la ligne de l'abonné de St-Didier : 0,22 + 0,03	0 25	
Somme des affaiblissements et des pertes :.....	1,10	néper

1. *Relation entre l'équivalent et l'affaiblissement à 800 périodes d'une ligne téléphonique homogène*, par Bigorgne, Marzin et Meyer, *Annales des P.T.T.*, novembre 1933.

2. Dans le calcul approché aussi bien que dans la détermination exacte de l'affaiblissement effectif B (T, 600), on a négligé ici l'influence du câblage des bureaux.

Cette somme diffère peu de la valeur trouvée par une méthode rigoureuse.

$$B(T, 600) = 1{,}05 \text{ néper.}$$

VI. Règles pratiques pour l'organisation des réseaux.

La circulaire n° 698 L. E.T.P. (août 1930), relative à la limite de l'équivalent de référence admissible pour les communications téléphoniques, fixe à 1,15 néper l'équivalent total maximum correspondant, dans le cas d'un *poste à batterie locale* :

d'une part à l'affaiblissement des lignes reliant le centre de distribution au poste de l'abonné,

d'autre part aux pertes introduites par les bureaux interposés (centre de distribution compris).

L'équivalent de référence maximum du système émetteur ou récepteur national s'en déduit par le calcul suivant :

POSTES A BATTERIE LOCALE.	SYSTÈME émetteur (népers).	SVSTÈME récepteur (népers).
Equivalent relatif du poste (pile de 2,4 volts et 4 ohms) placé en série avec une résistance de 300 ohms.	+ 0,0	+ 0,0
Gain dû à la suppression de la résistance de 300 ohms	— 0,15	— 0,15
Tolérance de réception	+ 0,0	+ 0,3
Perte correspondant à l'usure des piles	+ 0,1	+ 0,0
Equivalent de référence du système émetteur ou récepteur du système étalon de travail. .	+ 0,75	+ 0,0
Equivalent total de la liaison « centre de distribution-abonné ». (Affaiblissements des ignes et pertes dues aux bureaux)	+ 1,15	+ 1,15
Equivalent de référence du système émetteur ou récepteur national	+ 1,85	+ 1,3
Equivalents de référence maxima recommandés par le C.C.I.	+ 2,0	+ 1,3

Dans le cas de *postes à batterie centrale*, la circulaire précitée indique un mode de calcul un peu différent : en fait, les résultats

donnés plus haut permettent d'effectuer le décompte des équivalents de référence d'une manière uniforme, qu'il s'agisse de postes à batterie centrale ou de postes à batterie locale.

Dans le cas d'un poste à batterie centrale, l'équivalent relatif du poste (considéré isolément) est fonction des conditions d'alimentation ; dans la pratique, on fait toujours en sorte que le courant d'alimentation soit au moins égal à 55 milliampères (une résistance variable, placée dans le poste, permet, sur les lignes courtes, de limiter son intensité à une valeur inférieure à 80 milliampères) et l'on peut considérer, certains cas exceptionnels mis à part, qu'un poste à batterie centrale, raccordé à son bureau d'attache par une ligne d'une résistance particulièrement élevée, est alimenté cependant sous un courant de 55 milliampères au moins. Le décompte de l'équivalent de référence s'établit alors comme suit :

POSTES A BATTERIE CENTRALE.	SYSTÈME émetteur (népers).	SYSTÈME récepteur (népers).
Equivalent relatif du poste alimenté par un courant de 55 mA (fig. 4 et 5)	— 0,4	— 0,4
Tolérance de réception	+ 0,1	+ 0,3
Equivalent de référence du système émetteur ou récepteur du système étalon de travail	+ 0,75	+ 0,0
Equivalent total de la liaison « centre de distribution-abonné » :		
affaiblissements des lignes (ligne d'abonné y comprise) pertes dues aux bureaux (bureau d'attache et centre de distribution y compris) *par exemple*	+ 1,4	+ 1,4
Equivalent de référence du système émetteur ou récepteur national	+ 1,85	+ 1,3
Equivalents de référence maxima recommandés par le C.C.I.	+ 2,0	+ 1,3

La comparaison des deux tableaux précédents montre que, pour respecter les maxima recommandés par le C.C.I. on doit limiter l'équivalent total de la liaison « centre de distribution-abonné »

à une valeur différente (1,15 néper ou 1,4 néper) suivant que le poste considéré est un poste à batterie centrale ou un poste à batterie locale. Cette différence mise à part, l'étude d'un réseau peut être conduite de la même manière qu'il s'agisse de postes à batterie locale ou de postes à batterie centrale. On pourrait en définitive se conformer aux recommandations du C.C.I. en observant *par exemple*, dans l'organisation des réseaux, les règles simples que voici :

1° *Postes d'abonnés à batterie locale.*

a) Le poste est alimenté par deux éléments de pile. Chaque élément fermé pendant une minute sur une résistance de 5 ohms doit développer aux bornes de cette résistance une tension de 0,8 volt au moins.

b) L'équivalent total de la liaison « centre de distribution—abonné » obtenu en additionnant les affaiblissements des lignes (ligne d'abonné y comprise) et les pertes dues aux bureaux (centre de distribution y compris) ne doit pas dépasser 1,15 néper.

2° *Postes à batterie centrale.*

a) La résistance de la ligne d'abonné doit être telle que le poste reçoive un courant d'alimentation [1] de 55 milliampères au moins.

b) L'équivalent total de la liaison « centre de distribution—abonné », obtenu en additionnant les affaiblissements des lignes (ligne d'abonné y comprise) et les pertes dues aux bureaux (centre de distribution et bureau d'attache y compris), ne doit pas dépasser 1,4 néper.

VII. Conclusions.

Dans le calcul de l'équivalent de référence d'un système comportant un poste d'abonné à batterie centrale, il est indispensable de tenir compte des conditions d'alimentation du poste : on peut le faire de façon simple en isolant, par abstraction, le poste de sa ligne et de son bureau d'attache et en orientant le calcul de la même ma-

---

1. Pour tenir compte de cette prescription dans les projets on peut admettre que la résistance totale du poste est de l'ordre de 100 ohms.

nière que dans le cas d'un poste à batterie locale. Ce procédé conduit à formuler des règles simples et uniformes dont l'observation permettrait de respecter les limites d'équivalent de référence recommandées par le C.C.I.

ANNEXE I

MESURE DE LA RÉSISTANCE D'UNE CAPSULE MICROPHONIQUE (RÉSISTANCE EFFECTIVE EN COURANT ALTERNATIF).

1. Résistance en travail (émission). — Le microphone à mesurer est introduit dans un montage en pont dont la figure 7 indique le schéma de principe. *C C* sont deux condensateur des

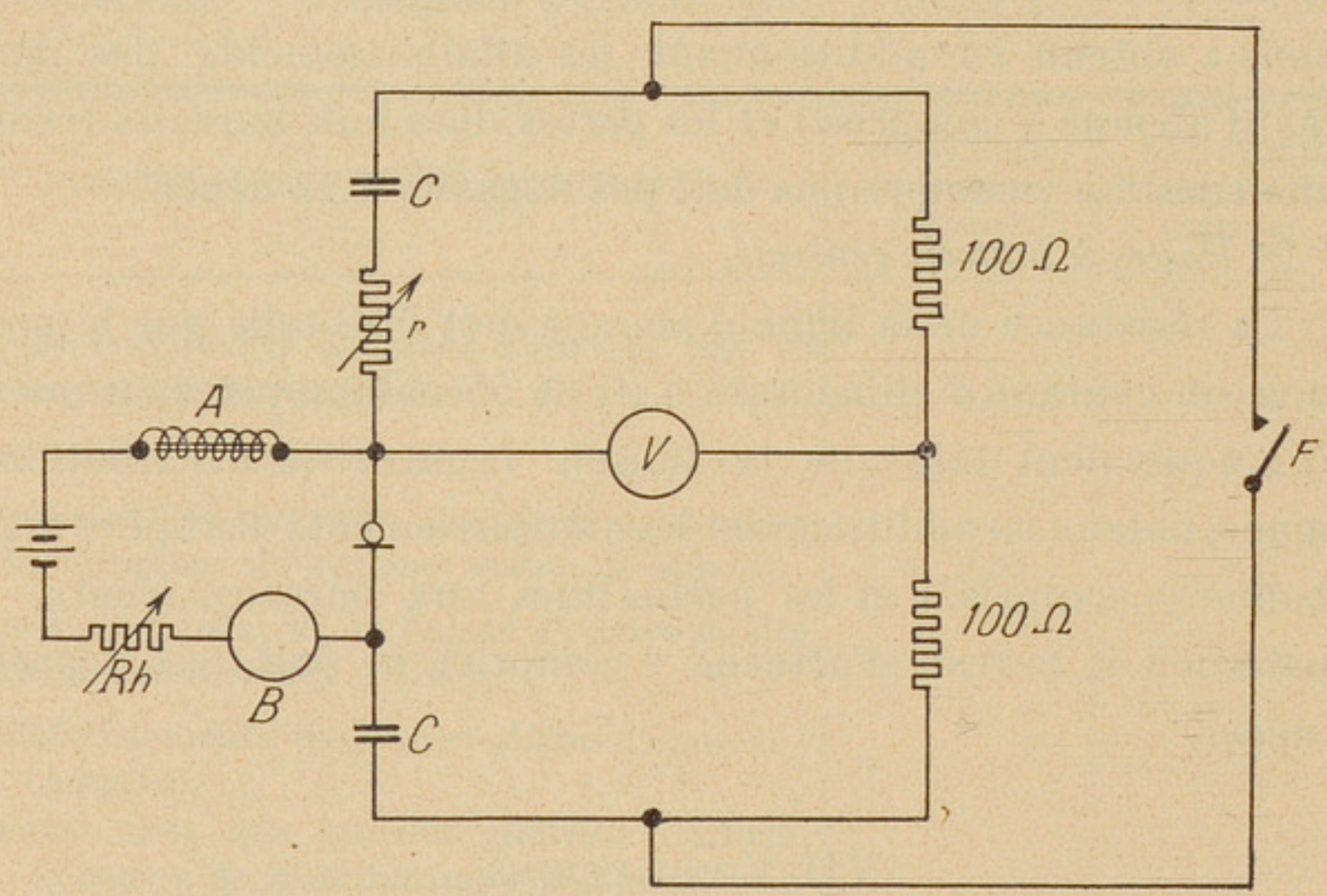


Fig. 7.

capacités égales (voisines de 10 μ F) ; *r* est une résistance réglable ; A est une bobine de très forte inductance, (inductance supérieure à 20 henrys, la bobine étant parcourue par un courant continu de 100 m A) ; *R* est un rhéostat qui permet de régler l'intensité du courant continu alimentant la capsule.

Le principe de la méthode est le suivant : on place devant le microphone une source sonore de hauteur égale à 800 p : s ; le volt-

mètre à courant alternatif V accuse une certaine déviation ; on règle la résistance r de façon que cette déviation demeure inchangée quand on ferme l'interrupteur F. Lorsque cette condition est remplie, r représente précisément la résistance intérieure de la source de courant alternatif constituée par le microphone.

La puissance de la source sonore et sa position par rapport au

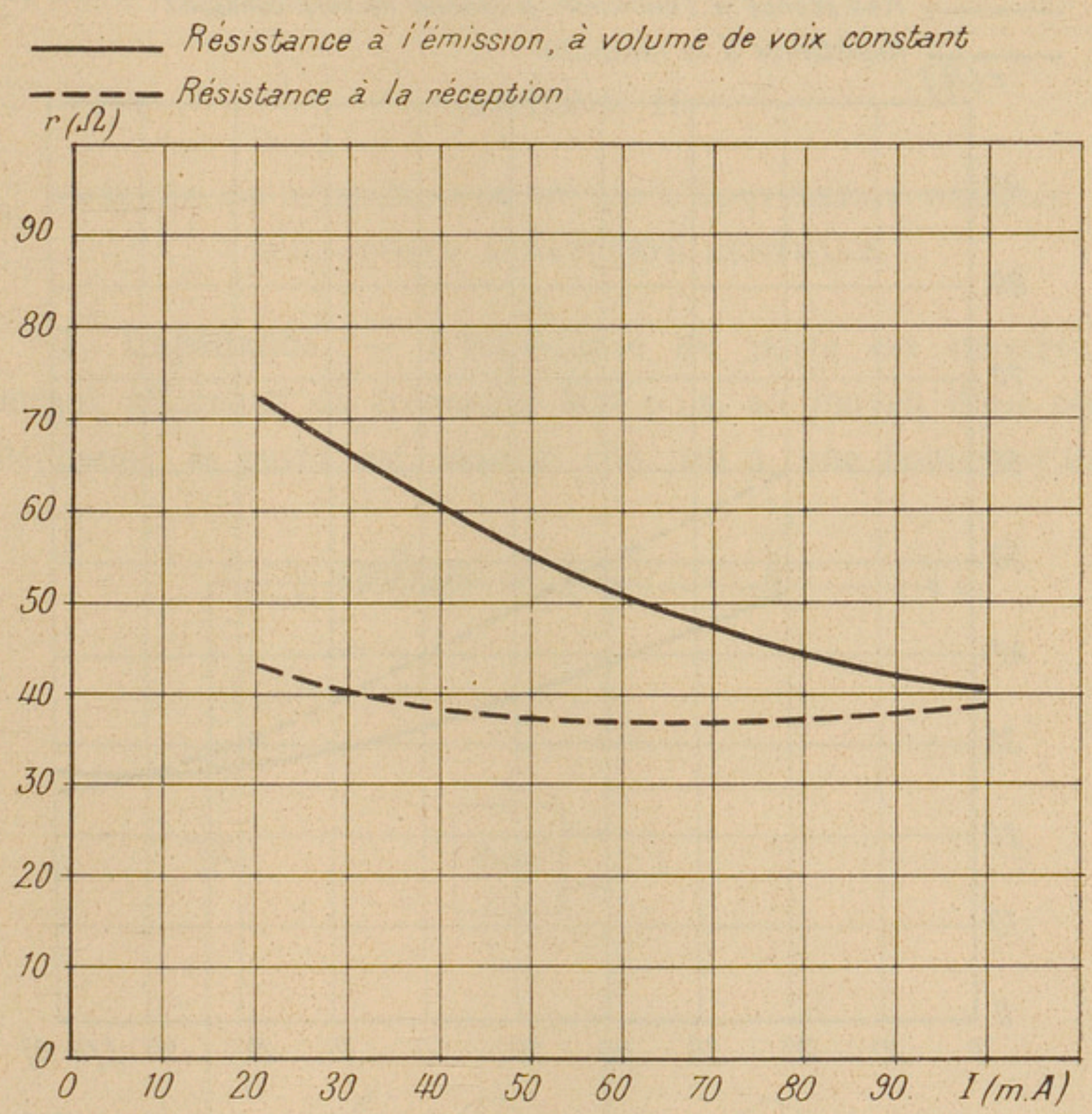


Fig. 8. — Résistance d'un microphone de poste à batterie centrale, à 800 p : s, en fonction de l'intensité I du courant continu d'alimentation.

microphone sont réglées de façon que le microphone ait une force électromotrice voisine de la force électromotrice moyenne qu'il possède au cours d'une conversation téléphonique.

2. Résistance au repos (réception). — La résistance au repos du microphone (condition qui correspond au fonctionnement en récepteur du poste) est mesurée au moyen d'un pont à téléphone, alimenté par un oscillateur de fréquence 800 p : s.

3. Résultats des mesures. — La résistance d'un microphone de poste à batterie centrale diminue lorsque l'intensité du courant d'alimentation augmente, aussi bien à l'émission qu'à la réception. Les figures 8 et 9 représentent, pour deux capsules de constructions différentes (différant notamment par la nature du graphite), les

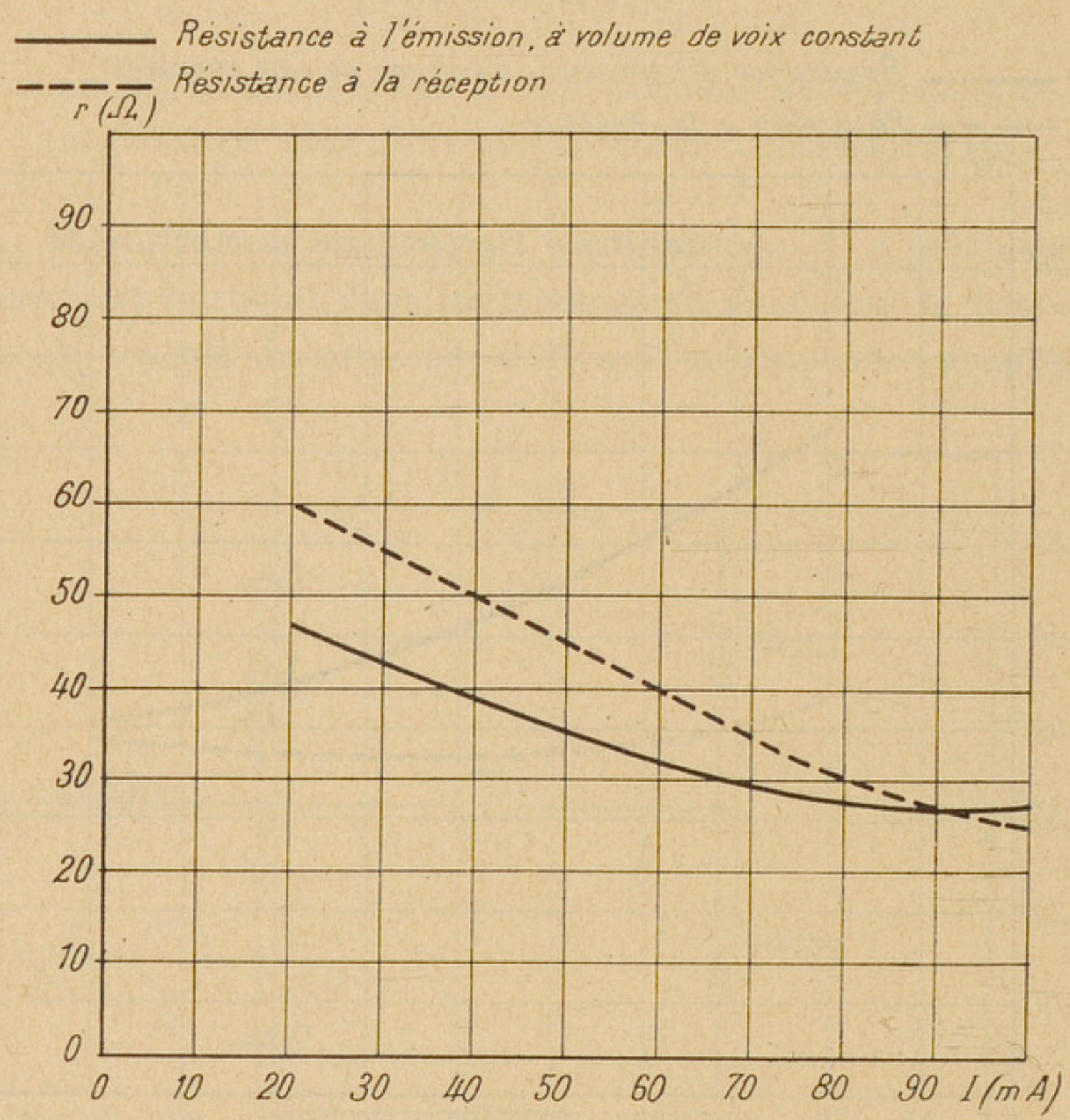


Fig. 9. — Résistance d'un microphone de poste à batterie centrale, à 800 p : s, en fonction de l'intensité *I* du courant continu d'alimentation.

variations de la résistance à l'émission (courbe en trait plein) et à la réception (courbe en trait interrompu). Dans les mesures de résistance à l'émission, le degré d'agitation de la grenaille est réglé, pour chaque valeur du courant d'alimentation, de façon que le microphone ait une force électromotrice voisine de celle qu'il possède, en conversation, pour un volume de voix normal ; en outre, la mesure de la résistance à la réception est faite, pour une valeur

donnée du courant d'alimentation, immédiatement après les mesures de résistance à l'émission.

On voit que, pour la capsule correspondant à la figure 8, la résistance à l'émission est systématiquement supérieure à la résistance à la réception ; pour la capsule correspondant à la figure 9, on observe le résultat inverse. C'est ce qui explique que les courbes moyennes de la figure 1 soient très voisines l'une de l'autre.

ANNEXE II

MESURE DE L'IMPÉDANCE ET DE L'ÉQUIVALENT RELATIF D'UN POSTE A BATTERIE CENTRALE.

1. Impédance. — L'impédance du poste est mesurée, en courant alternatif de fréquence 800 p : s, au moyen d'un pont à téléphone ; le poste est associé (fig. 10) à une bobine d'induc-

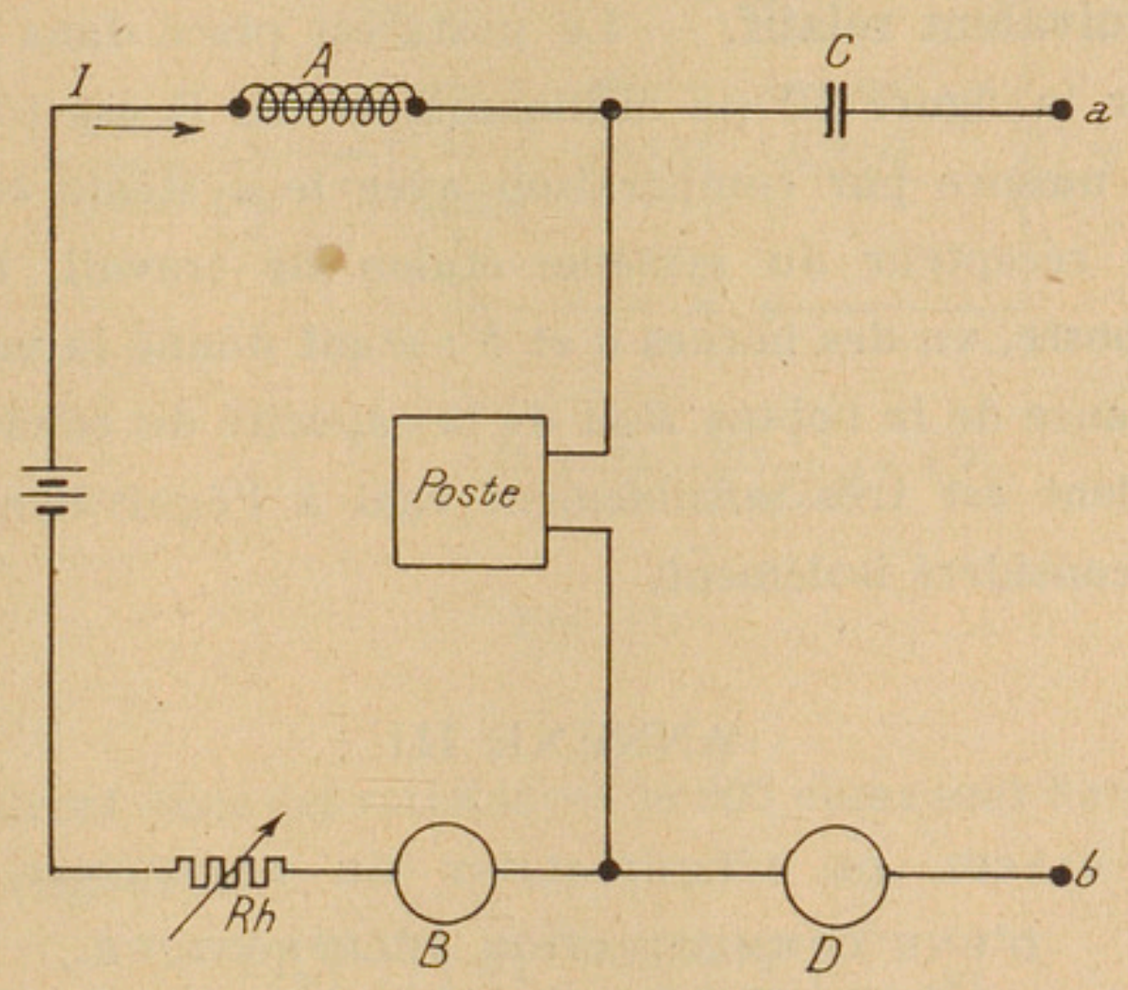


Fig. 10.

tance *A* et à un condensateur *C* et ce sont les bornes *a b* qui sont raccordées au pont de mesure ; un milliampèremètre *B* et un rhéostat *Rh* permettent de mesurer et de faire varier l'intensité du courant continu d'alimentation.

L'inductance de la bobine *A* (20 henrys sous un courant continu de 100 m A) et la capacité du condensateur *C* (20 μ F) sont élevées

et l'impédance mesurée entre les bornes *a* et *b* diffère peu de l'impédance du poste lui-même.

Pour chaque valeur du courant d'alimentation, le microphone est remplacé par sa résistance moyenne équivalente.

Un milliampèremètre à courant alternatif *D*, d'impédance connue, permet de régler à la valeur voulue *i* l'intensité du courant sinusoïdal qui parcourt le poste pendant chaque mesure. Pour les mesures d'impédance à l'émission, la correspondance entre l'intensité du courant de mesure *i* et l'intensité du courant continu d'alimentation *I* a été établie au préalable en parlant, avec le volume de voix normal, dans le microphone du poste placé dans le montage de la figure 10, les bornes *a* et *b* étant raccordées à une résistance de 600 ohms : on note l'intensité moyenne accusée par le milliampèremètre *D* pendant cet essai préalable et c'est à cette valeur *i* qu'on règle, pendant la mesure, l'indication du même appareil.

2. Equivalent relatif. — Le poste est placé dans le montage indiqué par la figure 10 (le milliampèremètre *D* est toutefois éliminé). On mesure par comparaison avec le système émetteur ou le système récepteur du système étalon de travail, l'équivalent relatif du poste, vu des bornes *a* et *b* : étant donné la valeur élevée de l'inductance de la bobine *B* et de la capacité du condensateur *C*, cet équivalent est très sensiblement égal à l'équivalent du poste lui-même, considéré isolément.

ANNEXE III

CALCUL DE L'ÉQUIVALENT DE RÉFÉRENCE D'UNE COMMUNICATION TÉLÉPHONIQUE.

Un poste émetteur *t*, ayant à 800 p : s une impédance égale à *T*, est raccordé à un poste récepteur *r*, ayant à 800 p : s une impédance égale à *R*, par une ligne *l* dont l'affaiblissement effectif, mesuré à 800 p : s, sur des impédances terminales respectivement égales à *T* et *R* est *B* (*T*, *R*). Quel est l'équivalent de référence *b* de la liaison téléphonique ainsi constituée ?

Le système émetteur t_0 du S.F.E.R.T. a une impédance de

sortie égale à 600 ohms. Si on admet qu'on peut assimiler la transmission téléphonique à la transmission de courants sinusoïdaux de fréquence 800 p : s, les systèmes t et t_0 peuvent être considérés comme des alternateurs ayant des impédances respectivement égales à T et à 600 ohms et ayant (pour le volume sonore normal appliqué aux microphones) des forces électromotrices respectivement égales à E et E_0 ; dire que l'équivalent de référence de t est b_T népers revient à dire que les courants I_0 et I que les deux alternateurs t_0

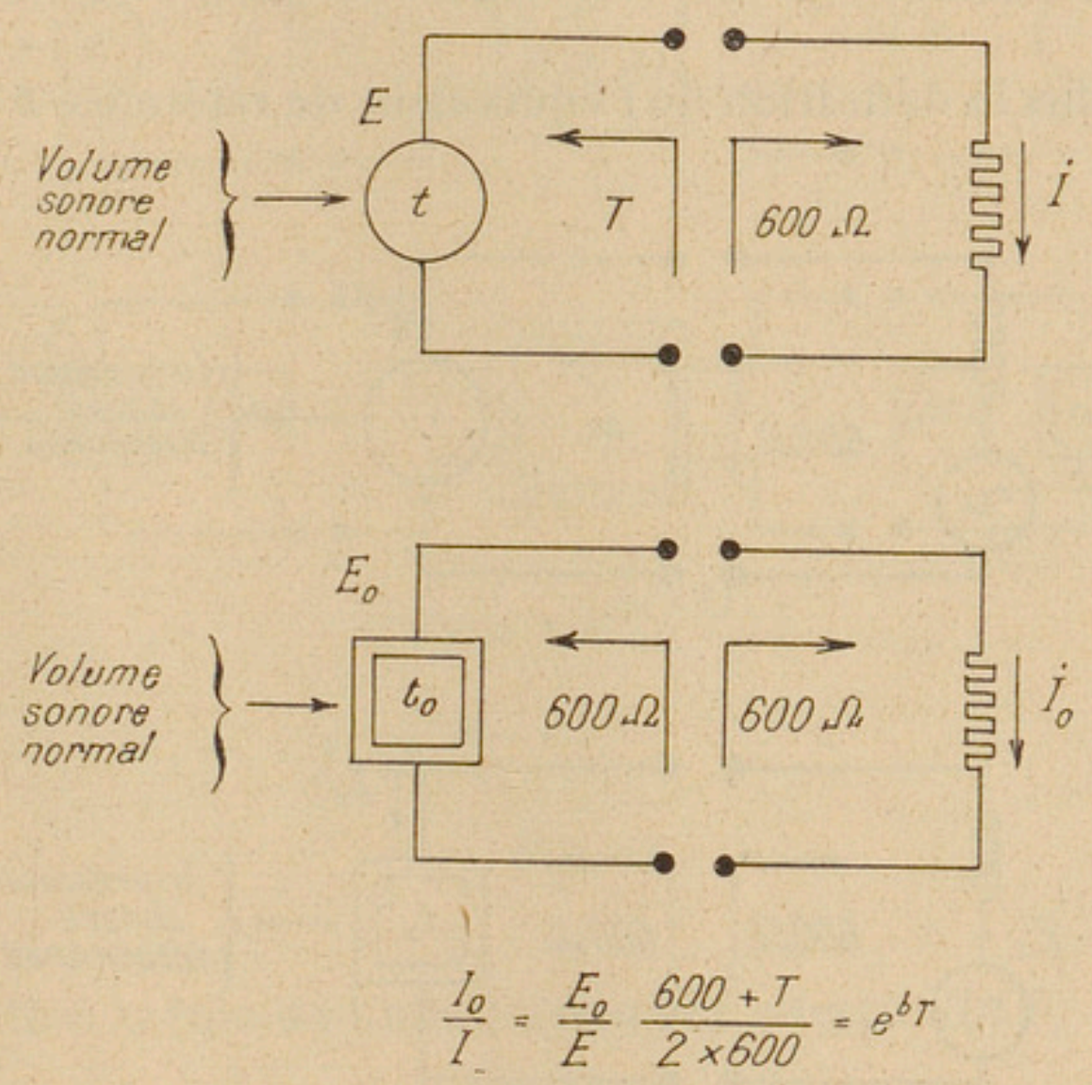


Fig. 11.

et t engendrent dans des résistances de 600 ohms sont dans un rapport égal à e^{bT} (fig. 11) :

$$\left|\frac{I_0}{I}\right| = \left|\frac{E_0}{E}\,\frac{600 + T}{2 \times 600}\right| = e^{bT}. \qquad (1)$$

Le système récepteur r_0 du S.F.E.R.T. a une impédance d'entrée égale à 600 ohms. Dire que l'équivalent de référence du poste récepteur r est b_R népers revient à dire que, pour obtenir à la sortie du récepteur r la même impression sonore qu'à la sortie du récepteur r_0, il faut raccorder aux bornes d'entrée de ces deux appareils deux alternateurs, de résistance intérieure égale à 600 ohms, dont les

forces électromotrices, respectivement égales à E' et E'_0, sont dans un rapport égal à e^{bR} (fig. 12) :

$$\left|\frac{E'}{E'_0}\right| = e^{bR}.$$

Les courants I' et I'_0 qui pénètrent, dans ces conditions, dans les deux récepteurs, r et r_0, satisfont à la relation :

$$\left|\frac{I'}{I'_0}\right| = \left|\frac{E'_0}{E'}\,\frac{2 \times 600}{600 + R}\right| = e^{bR}\left|\frac{2 \times 600}{600 + R}\right| \qquad (2)$$

Rappelons la définition de l'équivalent de référence b du système

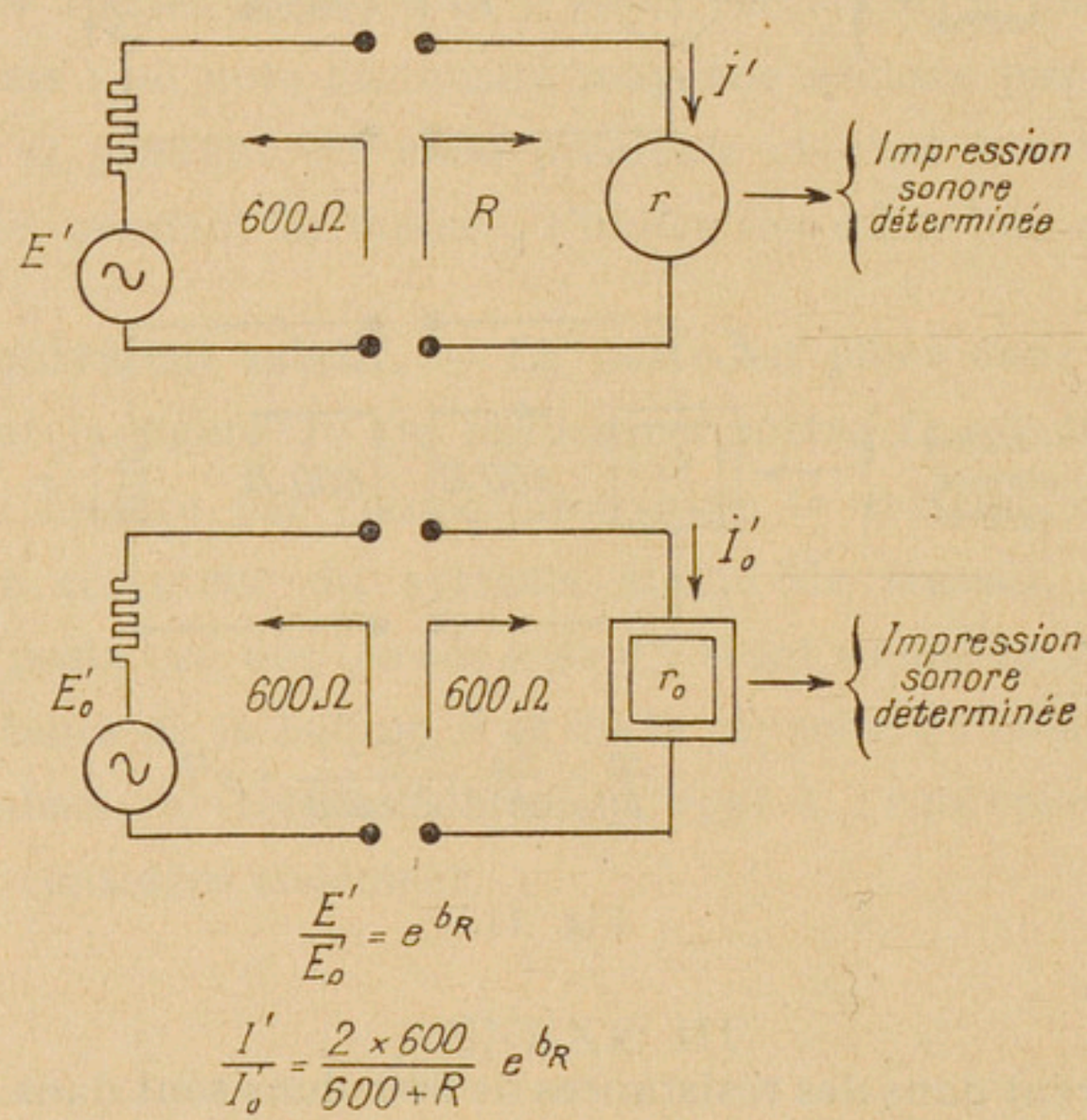


Fig. 12.

constitué par l'émetteur t, la ligne l, le récepteur r : si l'on applique (fig. 13) le volume sonore normal au microphone du poste émetteur t et au microphone du système émetteur t_0 du S.F.E.R.T., il faut, pour avoir la même impression sonore à la sortie du poste récepteur r et à la sortie du système récepteur r_0 du S.F.E.R.T., donner à la ligne l_0 du S.F.E.R.T. (ligne sans déformation, d'impédance 600 ohms) un affaiblissement égal à b népers. Entre la force électromotrice

E_0 du système émetteur t_0 et l'intensité I'_0 du courant reçu dans le système récepteur r_0, il existe la relation :

$$\left| \frac{E_0}{2 \times 600 \times I'_0} \right| = e^{b}. \qquad (3)$$

D'autre part, entre la force électromotrice E du poste émetteur t et l'intensité du courant I' que reçoit le poste récepteur r, on a,

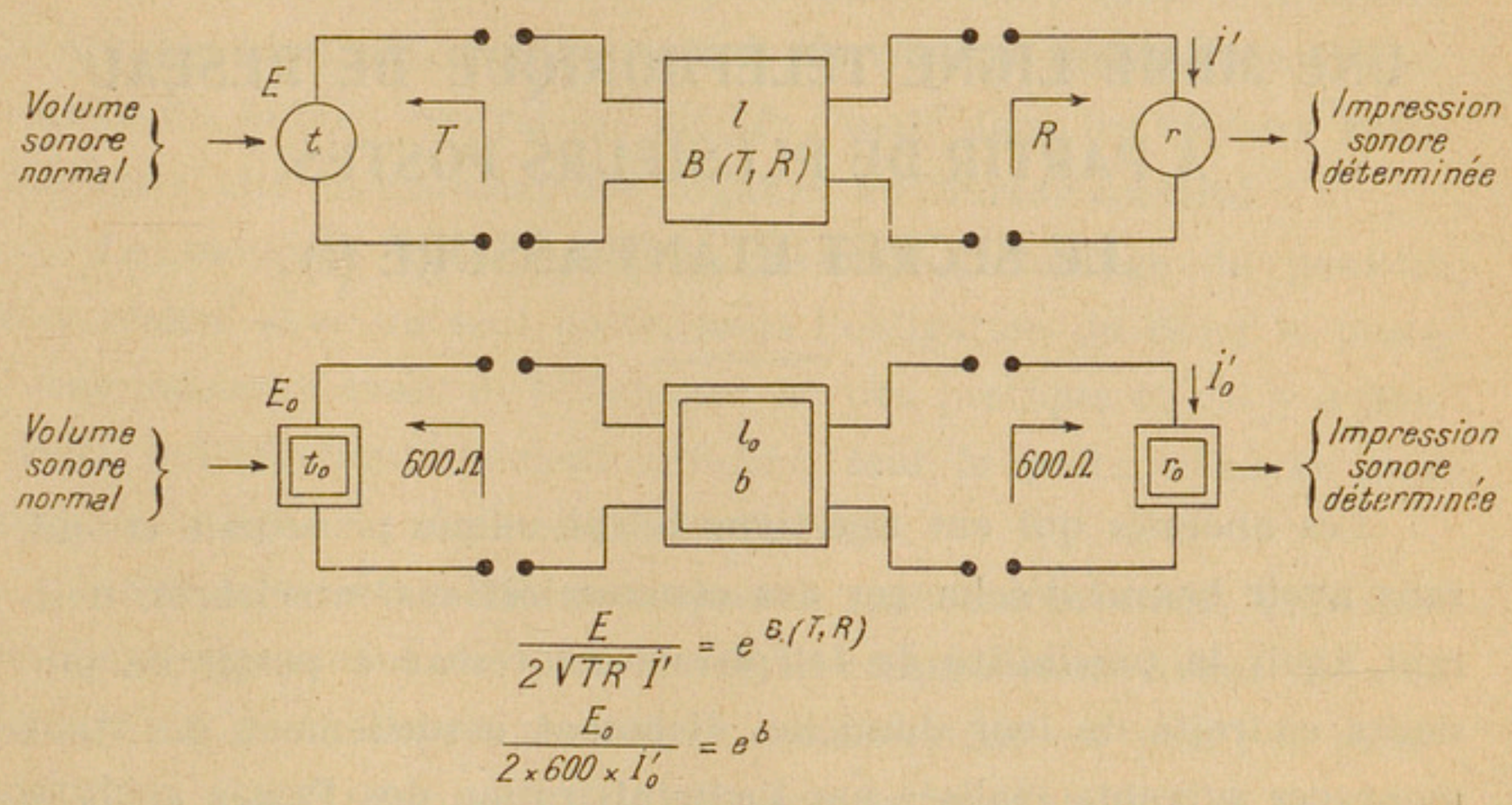


Fig. 13.

par définition même de l'affaiblissement effectif $B\ (T,\ R)$, la relation suivante :

$$\left| \frac{E}{2\sqrt{T\,R}\ I'} \right| = e^{B\,(T,\,R)} \qquad (4)$$

En multipliant membre à membre les trois équations 1, 2 et 4 et en tenant compte de l'équation (3), on établit sans difficulté la relation :

$$e^{b} = e^{bT} \times e^{B\,(T,\,R)} \times e^{bR} \times \left| \frac{4 \times 600\ \sqrt{T\,.\,R}}{(600 + T)\ (600 + R)} \right|$$

qui n'est autre que la formule 3 indiquée sous le titre IV :

$$b = b_T + B\ (T,\ R) + b_R + \log_e \left| \frac{2\ \sqrt{600\,.\,T}}{600 + T} \right| + \log_e \left| \frac{2\ \sqrt{600\ R}}{600 + R} \right|$$

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

INSTALLATIONS PERMETTANT D'UTILISER UNE MÊME LIGNE TÉLÉPHONIQUE DE RÉSEAU A PARTIR DE PLUSIEURS POSTES, LE SECRET ÉTANT ASSURÉ [1].

Les abonnés qui ont une ligne téléphonique principale et qui, sans avoir besoin d'échanger des communications intérieures, désirent avoir la possibilité de téléphoner au réseau à partir de plusieurs endroits de leur domicile, disposent actuellement des deux montages suivants réalisés par l'administration des Postes et Télégraphes :

1° les postes sont montés en dérivation permanente sur la ligne de réseau ;

2° l'installation comporte des mâchoires qui permettent de téléphoner à partir d'un endroit quelconque avec un même appareil mobile muni d'une fiche.

Dans le cas où le nombre de points à partir desquels l'abonné désire téléphoner se réduit à deux, un troisième montage est encore possible par l'emploi d'un commutateur à deux directions renvoyant la ligne principale sur l'un ou l'autre poste.

Ces montages présentent les quelques inconvénients indiqués ci-après :

Le montage en dérivation est aussi simple que possible et n'exige aucune manœuvre supplémentaire de la part de l'usager, mais le secret des conversations n'est pas assuré ; si l'on décroche

1. Note remise par M. G. Letellier, ingénieur.

l'un des postes pendant qu'un autre poste est utilisé, l'envoi des impulsions de numérotation n'est plus assuré et la conversation est affaiblie ; en plus de l'absence de secret, qui peut être considéré dans certains cas comme une gêne pour l'usager, le montage en dérivation présente un léger inconvénient pour l'administration, du fait que certains abonnés peuvent chercher à utiliser leurs postes pour échanger des communications intérieures ; cette manœuvre irrégulière n'est pas à craindre dans les réseaux manuels, car l'opératrice du bureau central est alertée ; mais dans les réseaux automatiques elle immobilise des organes au bureau central.

Le montage avec mâchoires présente l'avantage de pouvoir être réalisé avec un seul poste, mais l'obligation de relier le poste à une mâchoire avant de téléphoner est peu pratique et s'il y a plusieurs postes simultanément enfichés, seul le poste situé le plus près de la ligne de réseau peut être utilisé.

Avec le montage de deux postes sur commutateur, l'abonné oublie fréquemment de manœuvrer le commutateur avant de s'éloigner du poste auprès duquel ce commutateur est posé ; le commutateur étant situé au poste numéro un, si l'abonné se déplace dans le voisinage du poste numéro deux, sans avoir pris au préalable le soin de renvoyer la ligne sur ce poste, il est dans l'obligation de revenir au poste numéro un pour téléphoner.

Etant donnés les quelques inconvénients des montages décrits ci-dessus et les besoins formulés à plusieurs reprises par les abonnés aux services des installations, il semble qu'il y aurait intérêt à mettre à leur disposition des installations simples, qui, sans permettre l'établissement de communications intérieures permettraient de prendre une même ligne de réseau à partir de plusieurs postes, le secret étant assuré.

Nous décrivons ci-après deux types de montages susceptibles de satisfaire à cette condition.

1. **L'installation ne comprend que deux postes** (Montage en va et vient). — Lorsque l'installation ne comprend que deux postes, la solution la plus simple consiste dans l'emploi d'un montage dit de *va et vient*. Ce montage doit répondre aux condi-

tions suivantes : à tout instant, il doit être possible de téléphoner indifféremment à partir de l'un ou l'autre poste ; lorsque l'un des postes téléphone, l'occupation de la ligne doit être signalée à l'autre et les deux postes ne doivent pas pouvoir se porter simultanément sur la ligne de réseau ; la manœuvre du cadran faite à partir de l'un des postes ne doit pas faire tinter la sonnerie de l'autre ; le secret doit être absolu ; enfin, le nombre de contacts à rupture introduits sur les fils de ligne ainsi que le nombre de fils à poser entre les deux postes doivent être réduits au minimum.

Un montage, résultant d'une modification d'une proposition

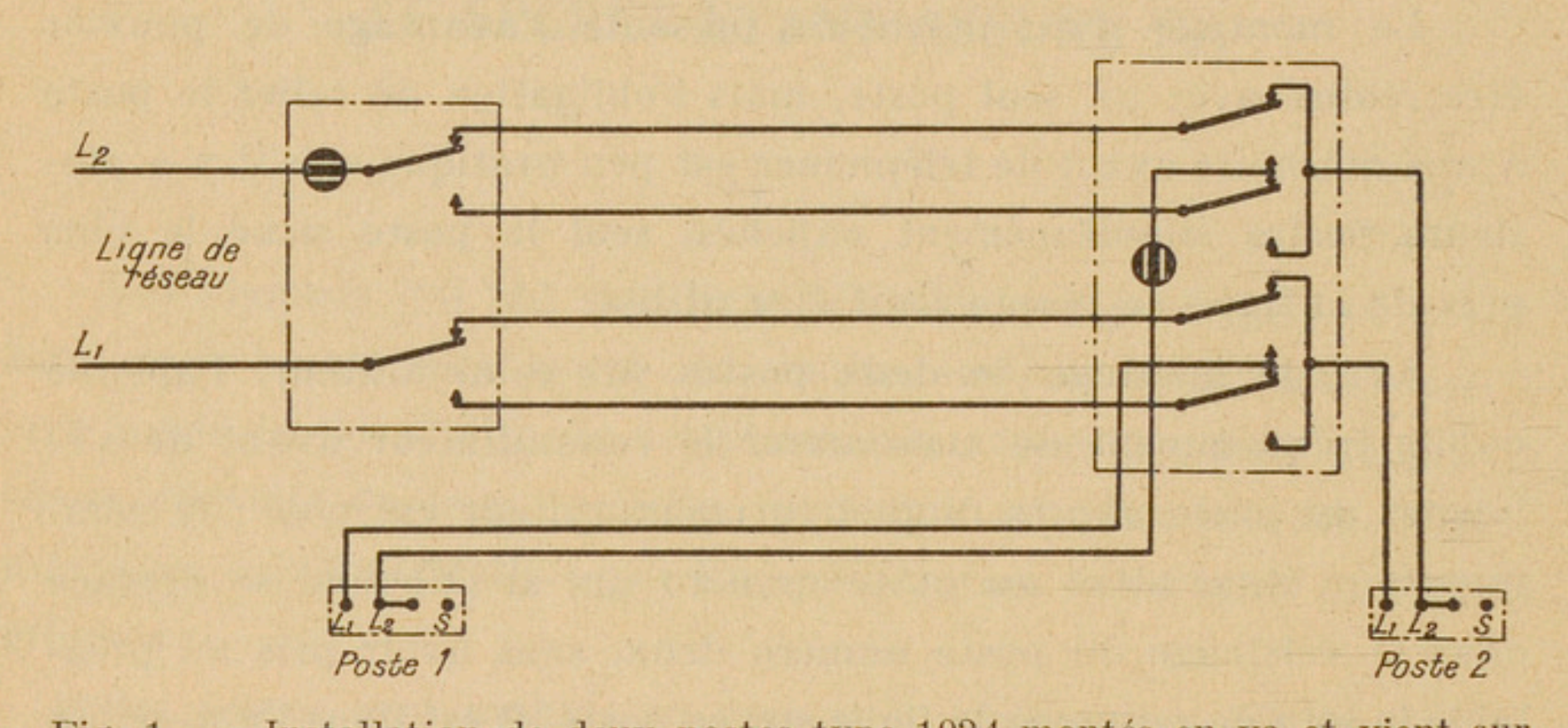


Fig. 1. — Installation de deux postes type 1924 montés en va et vient sur commutateurs.

faite par M. Guillet, chef monteur à Littré, remplit toutes ces conditions et est indiqué sur la figure 1. A chaque poste sont associés un commutateur et un voyant ; la ligne de réseau aboutit à un commutateur double à deux directions situé au premier poste ; ce commutateur est relié par quatre fils à un commutateur quadruple à deux directions situé au deuxième poste ; de ce deuxième commutateur sortent deux fils allant au poste numéro deux et deux fils revenant au poste numéro un ; il y a donc six fils de conversation entre les deux postes ; l'installation est complétée par les sonneries ; on peut utiliser comme commutateurs soit des clés, soit des boutons, soit des commutateurs basculeurs. Avec ce montage il est toujours possible, par la manœuvre du commutateur, de téléphoner à partir d'un poste, quelle que soit la position dans laquelle se trouve le

commutateur de l'autre poste ; les deux postes ne peuvent être reliés simultanément à la ligne principale, et l'occupation de la ligne par l'un des postes est signalée à l'autre par le fonctionnement du voyant.

Ce montage peut être réalisé avec n'importe quel type de poste à batterie centrale : poste 1924 (figure 1) ou poste 1918 (figure 2) ;

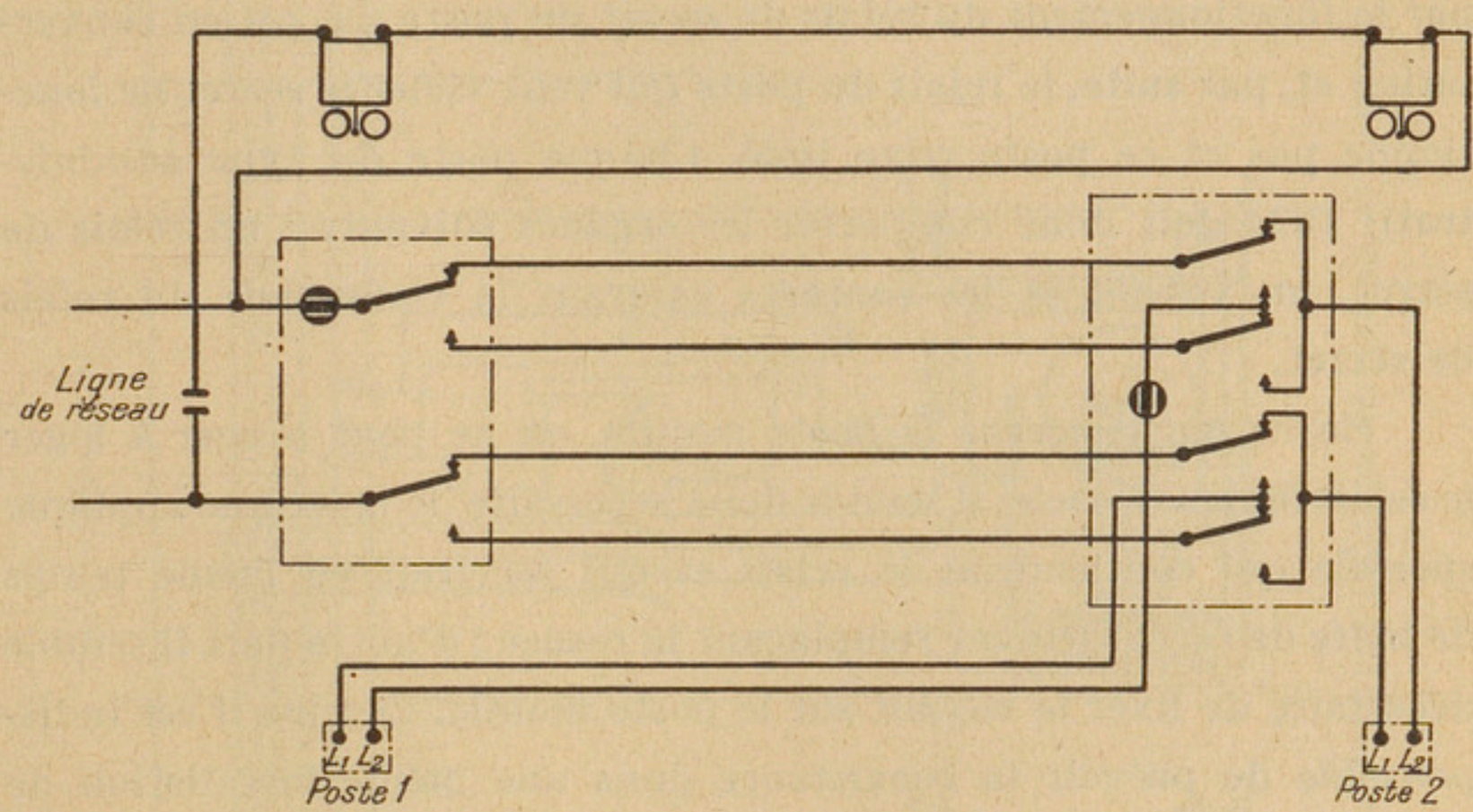


Fig. 2. — Installation de deux postes type 1918 montés en va et vient sur commutateurs.

il pourrait même s'appliquer aux postes à batterie locale, mais dans ce dernier cas, l'occupation ne serait pas signalée.

2. **L'installation compte plus de deux postes** (Montage en dérivation avec secret). — Pour résoudre le problème posé, à savoir la prise avec secret d'une même ligne de réseau à partir de plusieurs postes, on peut prendre, sur le schéma d'un type quelconque d'installation d'intercommunications par boutons, la partie relative à la prise directe du réseau, par exemple le schéma correspondant des postes d'intercommunications retenus comme types administratifs (voir *Annales des P.T.T.*, 1933, page 265).

Chaque poste muni d'un voyant et d'un relais de secret ne peut être relié à la ligne de réseau que par les contacts de travail du relais de secret ; les voyants de tous les postes sont reliés en série et les extrémités de la ligne ainsi constituée sont reliées, l'une au pôle négatif d'une pile à travers une résistance variable, l'autre à un

fil général de secret B auquel sont reliés tous les relais ; lorsqu'un poste veut téléphoner, un positif est mis sur le fil B à travers le relais de secret qui fonctionne ainsi que les voyants ; le relais de secret relie le poste aux fils de ligne ; si, malgré l'indication donnée par le voyant, un poste tente de prendre la ligne de réseau occupée, son relais de secret est shunté par la résistance plus faible introduite par le fonctionnement du relais de secret du poste qui est en conversation et, par suite, le relais du poste qui veut violer le secret ne fonctionne pas et ce poste reste isolé. Chaque poste du type administratif 1924 doit donc comporter les organes suivants : un relais de secret, un voyant et les contacts assurant la commande du relais de secret.

En ce qui concerne le poste mobile, on ne peut songer à loger le relais dans son socle, il semble donc nécessaire de créer une applique spéciale qui contiendrait le relais et qui servirait en même temps de boîte de raccordement remplaçant la rosace ; d'autre part il semble nécessaire de fixer le voyant sur le poste mobile. Comme il est indispensable de prévoir la coexistence dans une même installation de postes muraux et de postes mobiles, il semble préférable d'utiliser le même matériel pour les postes muraux et les postes mobiles et par suite d'utiliser dans tous les cas le même type de boîte de raccordement et de placer les voyants sur les postes.

On pourrait songer à commander le relais par des contacts établis au moment de la prise de la ligne de réseau par la manœuvre d'une clé ou d'un bouton, mais la ligne de réseau pouvant rester bloquée, dans le cas où l'usager oublierait de ramener le bouton au repos à la fin de sa conversation, il serait nécessaire d'avoir un bouton à déclenchement commandé par le crochet commutateur comme dans les postes d'intercommunication ; cette solution est à rejeter, car elle entraîne des complications mécaniques. Il semble préférable de commander le relais par les contacts du crochet ; on peut utiliser à cet effet les ressorts existant déjà sur le crochet commutateur, car la coupure et la fermeture du circuit de conversation sont assurées par les contacts du relais de secret qui font l'office de crochet commutateur.

Comme un seul condensateur suffit pour toute l'installation,

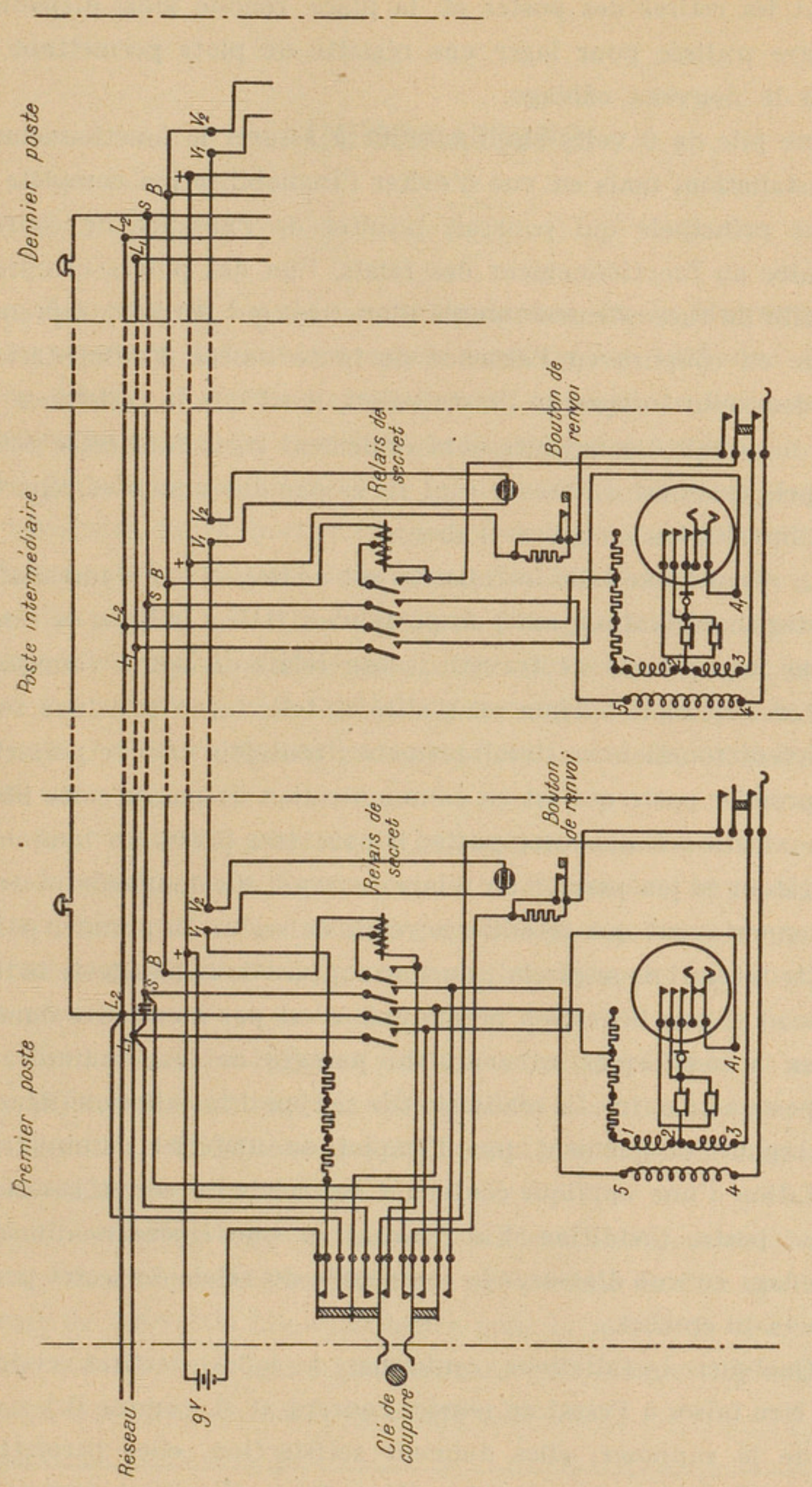


Fig. 3. — Installation de plusieurs postes type 1924, en dérivation, avec secret.

on peut les retirer des postes et la place rendue ainsi disponible peut être utilisée pour loger une réglette de plots permettant de réaliser le nouveau câblage.

Une pile de 9 volts environ suffit à assurer le fonctionnement de l'installation, mais en vue d'éviter l'immobilisation complète de la ligne principale qui pourrait résulter de l'absence de courant nécessaire au fonctionnement des relais, l'un des postes comprend une boîte de raccordement munie d'une clé, qui permet de prendre la ligne en coupure en l'absence de toute source d'alimentation ; le condensateur unique de l'installation, ainsi que la résistance variable du circuit des voyants, sont également logés dans cette boîte ; les appels émanant du réseau sont reçus par des sonneries réparties dans l'installation au gré de l'abonné.

En résumé une telle installation est analogue à une installation de postes en dérivation, mais un poste n'est relié à la ligne de réseau que par les contacts de travail de son relais de secret commandé par le crochet et le schéma est réalisé de telle façon que deux relais ne peuvent fonctionner simultanément ; toutefois afin de permettre à un premier poste qui est en communication de passer cette même communication à un autre poste, il peut être prévu un bouton de renvoi dont le jeu permet au relais de secret du deuxième poste de fonctionner avant que retombe le relais de secret du premier poste ; de cette façon il ne se produit aucune rupture de la boucle de la ligne de réseau et une libération prématurée n'est pas à craindre dans les réseaux automatiques au cours du passage de la communication d'un poste à un autre. La réalisation de ce type d'installation (figure 3) est obtenue uniquement par l'emploi de matériel administratif, la création d'une applique contenant un relais de secret associée à chaque poste, l'addition d'un voyant et une légère modification de câblage en vue d'assurer la commande du relais de secret par les contacts du crochet.

Quelques installations conformes à celles décrites ci-dessus vont être mises à l'essai en service courant et si, comme il y a tout lieu de le supposer, elles donnent satisfaction, elles permettront à l'administration de satisfaire d'une façon simple et économique des besoins signalés à plusieurs reprises par les abonnés.

INFORMATIONS.

Le projet d'usine marémotrice de la Severn. — Le gouvernement britannique avait constitué en 1925 une Commission chargée d'étudier l'aménagement éventuel de l'estuaire de la Severn en vue de la captation de l'énergie des marées.

Cette Commission vient de faire paraître, sur les études qu'elle a effectuées, un rapport qui se trouve analysé dans les numéros des 10 mars et 7 avril 1933 de la revue *The Electrician*.

Ce rapport est très intéressant non pas tellement parce qu'il s'agit d'un projet gigantesque, mais surtout parce que les études ont été poussées très à fond. On s'en rendra compte par le fait que le coût total des recherches entreprises a été de 4.300.000f environ (1).

La conception générale du barrage est la suivante :

L'estuaire de la Severn serait barré par une large digue traversée par une série d'écluses permettant d'assurer la navigation et sur laquelle passeraient une route et une voie ferrée reliant les Cornouailles au Pays de Galles.

Le barrage des turbines serait construit parallèlement au cours du fleuve et comprendrait 72 turbines d'une puissance unitaire maximum de 17.000 chevaux entraînant des turbines Kaplan tournant à 62,5 tours par minute.

En admettant que 67 turbines sur les 72 seraient constamment en service, la production d'énergie par période de flux et de reflux serait de 4.680.000 kilowatts-heure pour la marée de vive eau, de 3.190.000 kilowatts-heure pour la marée moyenne et 1.300.000 kilowatts-heure pour la marée de morte eau.

---

1. Toutes les sommes mentionnées dans cet article ont été converties au taux de : 1 livre sterling = 85 francs français.

Avec 706 flux et reflux par an, la production annuelle d'énergie serait de 2.252.000.000 kilowatts-heure. On estime qu'il faudrait environ 45.000.000 kilowatts-heure pour actionner les écluses et autres auxiliaires, ce qui laisserait une production nette de 2.207.000.000 kilowatts-heure à livrer au réseau national.

Les dépenses totales sont estimées à 3.206.700.000 francs sur lesquels 1.728.400.000 francs représentent le coût du barrage, 382.000.000 francs le coût des viaducs nécessaires au trafic routier et par voie ferrée, 382.000.000 francs le coût des travaux d'art nécessités par la navigation et 714.000.000 francs les intérêts.

Le prix de revient moyen de l'énergie électrique au départ sur les lignes de transmission serait ainsi de 0.0637 franc le kilowatt-heure.

En réalité, le caractère intermittent de la production d'énergie au barrage enlèverait la plus grande partie de son intérêt à ce projet si l'on n'avait pas reconnu la possibilité de créer un réservoir d'accumulation à une distance assez rapprochée de l'usine marémotrice.

Ce réservoir permettrait d'emmagasiner entre les cotes 152,50 mètres et 137 mètres au-dessus du niveau de la mer une réserve de 30.000.000 m³ environ et la chute effective serait de 134 mètres. La quantité d'énergie emmagasinable atteindrait 20.000.000 kilowatts-heure environ.

Pendant la période des vives eaux la production dépasserait de beaucoup la quantité d'énergie qui pourrait être transmise au réseau de sorte qu'on pourrait utiliser l'excédent pour pomper de l'eau dans le réservoir. Pendant la période des mortes eaux, cette réserve servirait à compléter la production du barrage qui, à ce moment, serait relativement faible.

Par suite des pertes dues au pompage de l'eau dans le bassin supérieur, la production annuelle serait ramenée de 2.207.000.000 kilowatts-heure à 1.610.000.000 kilowatts-heure. L'étude de la question de l'utilisation des deux usines a montré que les résultats les plus avantageux seraient obtenus en adoptant le tableau de production suivant :

	10^6 kWh
Production de l'installation principale avec un facteur de charge de 34 %	420
Production de l'installation principale avec un facteur de charge de 10 %	284
Production de l'installation secondaire avec un facteur de charge de 34 %	310
Production de l'installation secondaire avec un facteur de charge de 15,25 %	596
Total	1610

Du fait de la réduction de la quantité d'énergie disponible par suite de l'aménagement du réservoir d'accumulation, le prix de revient de l'énergie serait porté de 0,0637 franc à 0,0840 franc. A l'heure actuelle, le prix de revient de l'énergie dans les usines thermiques à rendement élevé est de 255 francs par kilowatt, plus 0,0495 franc par kilowatt-heure, ce qui correspond à 0,133 franc par kilowatt-heure pour un facteur de charge de 34 %. On estime d'ailleurs que dans les usines les plus modernes telles que celle de Battersea, le prix de revient pourrait être, dans les mêmes conditions, ramené à 0,1125 franc.

Il convient d'ailleurs d'ajouter à cela le prix des lignes de transmission reliant l'usine génératrice aux principaux centres de consommation. Ces lignes seraient au nombre de cinq et auraient une longueur totale de 640 km à double circuit représentant une dépense globale de 255.000.000 francs.

Finalement, le prix de revient annuel de la production du barrage et de l'usine secondaire serait de 208.000.000 francs alors qu'il atteindrait 318.000.000 francs avec l'ensemble d'usines thermiques équivalent. L'économie serait donc de 110.000.000 francs.

Toutes les estimations financières ont été faites avec le plus grand soin et en admettant une marge de 12,5 % pour tenir compte des fluctuations possibles. Cependant, le rapport indique que, étant donné la nouveauté, l'importance et la durée des travaux qui couvriraient une période de quinze années, il peut se présenter le risque que les estimations ne correspondent pas aux frais réels dus à des événements impossibles à prévoir.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

749.430. Dispositif transmetteur pour machines téléécrivantes (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

749.513. Dispositif transmetteur pour machines téléécrivantes (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

749.602. Appareil transmetteur-imprimeur de signes et signaux (Pierre Gautheron, France).

749.743. Appareil pour la transmission de signaux à distance (René Riberolles, France).

751.263. Télégraphe imprimeur (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

751.474. Système de télécommande (Société Anonyme des transformateurs de mesure E. Walter, France).

751.508. Procédé de transmissions électriques ou de réceptions multiples, simultanées et distinctes à l'aide d'un unique moyen conducteur (Angelo Montani, Italie).

Téléphonie.

748.185. Dispositif enregistreur d'impulsions (Compagnie des Téléphones Thomson-Houston, France).

748.606. Perfectionnements aux installations téléphoniques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

748.843. Perfectionnements apportés aux systèmes électriques de transmission de signaux par courants alternatifs (Le Matériel téléphonique, France).

748.855. Perfectionnements aux systèmes de signalisation et plus particulièrement aux systèmes téléphoniques à lignes partagées (Le Matériel téléphonique, France).

749.076. Microphone (Georg Neumann, Allemagne).

749.172. Perfectionnements apportés aux dispositifs de multiplage pour installations téléphoniques ou autres, comprenant plusieurs jacks montés sur une réglette (Association des ouvriers en instruments de précision, France).

749.223. Procédé de montage de systèmes d'aimants pour écouteurs téléphoniques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

749.247. Transmission d'appel pour téléphonie automatique sur lignes de télécommunication (Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

749.259. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques, ou autres systèmes automatiques de commutation (Le Matériel téléphonique, France).

749.313. Disposition de couplage pour installations d'indication à distance, notamment pour installations téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

749.340. Perfectionnements aux téléphones automatiques (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

749.467. Poste téléphonique à prépayement permettant d'obtenir des communications locales et interurbaines (Le Taxiphone, France).

749.784. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (La téléphonie industrielle et commerciale, France.

749.980. Perfectionnements aux mécanismes émetteurs d'impulsions (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

750.627. Dispositif de verrouillage contrôlant l'utilisation des appareils téléphoniques (André Maréché et André Salomon, France).

750.664. Perfectionnements aux convertisseurs d'appel pour lignes de télécommunication (Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

751.229. Cabine isoloir (Jacques Saoutchik, France).

751.462. Perfectionnements apportés aux moyens pour assurer le secret de la transmission à distance des communications téléphoniques ou télégraphiques, des signes lumineux, etc. (Benoit Scherer, France).

751.466. Système récepteur unidirectionnel (Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

751.585. Electrode fixe pour téléphones et microphones à condensateur (Société anonyme française Oscilloplane, France).

751.691. Appareil électrique comprenant un récepteur radiophonique et des moyens d'enregistrement et de reproduction de sons sur disques (Charly Xavier Meynet, Suisse).

751.737. Dispositif perfectionné de cadran d'appel téléphonique (Marcel de Font-Réaulx, France).

751.748. Dispositif étouffeur d'écho ou analogues (Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, Suède).

751.799. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec émission de signaux à la fréquence sonore (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

751.833. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques (Compagnie des Téléphones Thomson-Houston, France).

751.836. Dispositif de liaisons de lignes à deux et quatre fils (Invention Ilia Podliasky et Léon Rubin) (Simon, Gérard, Israël Kraemer, France).

42.348. Téléphone automatique à appel simplifié (Ivan Makhonine, France) (2e addition au brevet n° 717.701).

42.555. Procédé pour doubler le nombre des communications télégraphiques ou téléphoniques, avec ou sans fil, et dispositifs le réalisant (William-Arthur Loth et Armand-Joseph Givelet, France) (Brevet principal pris le 25 septembre 1931) (1re addition au brevet n° 737.941).

42.678. Disposition pour le réglage automatique de l'amplification dans les installations téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne) (1re addition au brevet n° 727.923).

Transmission des images.

748.530. Appareil analyseur de télévision (Electrical Research Products inc. Etats-Unis d'Amérique).

Pour la transmission télévisuelle de spectacles sportifs ou de représentations théâtrales, il est nécessaire de déplacer rapidement d'une partie à l'autre du champ de vision la direction générale du pinceau lumineux explorateur afin de suivre les déplacements des acteurs ou objets à transmettre par télévision ; ces déplacements ne doivent pas troubler le synchronisme entre les dispositifs d'exploration des deux postes émetteur et récepteur de télévision correspondants.

Conformément à ce brevet on emploie un premier dispositif à disque de Nipkow projetant un pinceau lumineux explorateur dans une direction générale donnée et un deuxième dispositif à cellule photoélectrique recevant la lumière d'une certaine direction générale ; chacun de ces dispositifs est monté sur un support pivotant distinct : les deux dispositifs sont accouplés ensemble par un pantographe, de manière à effectueren semble des mouvements convenablement combinés entre eux.

748.670. Appareil récepteur d'images à déroulement continu du papier (Invention Maurice Lange). (Etablissements Edouard Belin, France).

749.736. Transmission à distance (René-Jean-Camille Tampier, France).

750.607. Perfectionnements aux systèmes de télévision (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

751.604. Fils avec couche d'émulsion particulièrement mince pour la télévision (Fernseh A. G., Allemagne).

751.883. Perfectionnements aux disques à lentilles utilisés en télévision (Invention R. Barthélémy) (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France).

42.385. Procédé et appareil de télévision (Henri-Georges de France, France) (1re addition au brevet n° 719.521).

Radiocommunications.

748.540. Oscillateur du type magnetron (The General Electric Company Limited, Angleterre).

748.569. Perfectionnements apportés aux appareils radiophoniques avec possibilité de branchement de pick-up, microphones ou analogues (Dr Georg Seibt Aktiengesellschaft, Allemagne).

748.573. Poste récepteur de T.S.F. destiné aux voitures automobiles (M. Manuel Macieira Reis, France).

748.582. Perfectionnements aux générateurs d'ondes électriques courtes, dits magnétrons (The M. O. Valve Company Limited, Angleterre).

748.673. Perfectionnements aux émetteurs de télégraphie sans fil (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France).

748.674. Perfectionnements aux systèmes de modulation des émetteurs à haute fréquence (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France).

748.752. Téléphone ou autre installation électrique de signalisation à distance, fonctionnant avec ou sans amplificateur (Benaudi-Telephon-Gesellschaft, mit beschränkter Haftung, Allemagne).

748.910. Perfectionnements aux postes de réception radiophoniques et analogues (Alexis Guerbilsky et Pierre-Georges-Henri Ménard, France).

749.004. Système de radiosignalisation (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

749.052. Perfectionnements aux radiorécepteurs à régulation automatique de volume sonore (Telefunken Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

749.053. Perfectionnements aux lampes électroniques (Tele. funken Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m.b.h., Allemagne)-

749.070. Amplificateur à haute fréquence (M. Manfred von Ardenne, Allemagne).

749.092. Dispositif pour la production d'oscillations de renversement en vue de la production électrique de musique notamment pour la reproduction par haut-parleur (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

749.099. Poste récepteur de T.S.F. (Henry Brun, France).

749.109. Perfectionnements aux montages à battements et en particulier à super-réaction (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

749.210. Dispositifs protecteurs des récepteurs de radio-diffusion applicables aux appareils domestiques actionnés électriquement (Inventia Patent-Verwertungs-Gesellschaft, France).

749.260. Perfectionnements aux amplificateurs montés dans les ensembles radiophonographiques (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

749.288. Aérien à très faible effet directif et polarisation horizontale (Société française radioélectrique, France).

749.518. Dispositif pour l'élimination de parasites dans la réception de transmissions radioélectriques (Gérard de Monge, Belgique).

749.563. Système de couplage électrique (Hazeltine Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

749.624. Dispositifs de repérage pour appareils de T.S.F. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

749.641. Récepteur à superposition d'ondes (Fritz Schwarzer, Allemagne).

750.556. Dispositif pour la syntonisation des appareils de réception utilisés pour les communications par ondes porteuses à haute fréquence, par exemple, en téléphonie ou télégraphie sans fil (Fritz Schwarzer, Allemagne).

750.632. Dispositif pour l'utilisation comme résistances négatives de tubes électroniques comportant une cathode, une grille et une anode (Telefunken Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

750.633. Perfectionnements aux montages de lampes amplificatrices, détectrices ou génératrices d'oscillations, comportant plusieurs grilles (Telefunken Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

750.665. Dispositif de réglage automatique de sensibilité pour postes récepteurs radio (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France).

750.721. Système d'amplification et de production de courants électriques (La Radio-Industrie, France).

750.733. Procédé de réaction et dispositifs fonctionnant comme amplificateurs ou détecteurs sélectifs et comme oscillateurs (Maurice Lévy, France).

750.737. Dispositif de réglage unique pour récepteur radiophonique (Pierre Got, France).

751.058. Perfectionnements aux amplificateurs du type « push-pull » alimentés par le secteur (Telefunken Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

751.126. Appareil récepteur radiophonique à prépayement, pour connexion au réseau (Electromat-Genossenschaft, Suisse).

751.250. Perfectionnements aux générateurs d'oscillations à ondes courtes (Marconi's wireless Telegraph Company Ltd, Angleterre).

751.368. Procédé et dispositif de transmission électrique de signaux par ondes à haute fréquence (Société indépendante de télégraphie sans fil, France).

751.411. Système de transmission à distance des déplacements d'un mobile indicateur (Chevalier, France).

751.631. Dispositif amplificateur à décharge électronique (Radio Research Laboratories, Inc. Etats-Unis, d'Amérique).

751.804. Dispositif pour la production d'oscillations de basculement exemptes de déformations (Manfred von Ardenne, Allemagne).

Divers.

740.047. Dispositif de commande et de signalisation à distance (Allgemeine Elecktricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

747.764. Système de transmission électrique à distance (Société Arnoux, Veuve Chauvin et Cie, France).

747.792. Perfectionnements aux contacteurs multiples (Société des établissements Gody, France).

747.907. Dispositif pour déceler, ou pour signaler, ou compter des impulsions électriques faibles ou de courte durée (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

748.273. Procédé de désaimantation (Lignes télégraphiques et téléphoniques, France).

749.424. Dispositif pour la commande et la signalisation à distance d'organes mobiles (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

749.893. Téléindicateurs électriques de relevés météorologiques ou autres (Elie Granat et Compagnie des forges et aciéries de la marine et d'Homécourt, France).

750.288. Perfectionnements aux appareils automatiques d'alarme (Marconi's Wireless telegraph Company, Angleterre).

750.339. Installation électrique de signalisation lumineuse (Deutsche Werke Kiel A. G., Allemagne).

751.026. Dispositif électrique de translation (Société dite : Radio Research Laboratories, Inc., Etats-Unis d'Amérique).

751.032. Perfectionnements aux condensateurs électriques (Société dite : Dubilier Condenser Company (1925) Ltd., Angleterre).

42.301. Mode d'alimentation de valves à cathode incandescente sur réseau alternatif, par courant redressé et filtré (Telefunken Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m. b. H., Allemagne) (1re addition au brevet n° 677.807).

BIBLIOGRAPHIE.

Représentation des lois empiriques par des formules approchées, par M. Fréchet et R. Romann. Paris, 1930, Librairie de l'Enseignement technique. 1 vol. in-8° de 302 pages.

Les auteurs se sont proposé « de montrer par des raisonnements élémentaires, comment on peut procéder pour déterminer les formules mathématiques susceptibles de représenter de façon approchée des lois empiriques liant deux ou plusieurs variables ».

Le chapitre I traite de l'approximation par une constante et par une fonction du 1er degré. Le chapitre II, des problèmes pouvant se ramener au premier degré. Le chapitre III, de la méthode des moindres carrés et des moments. Le chapitre IV, de la représentation d'une fonction périodique par une somme trigonométrique. Le chapitre V résume les règles obtenues en vue de faciliter leur application.

Cet ouvrage très remarquable comble une lacune dans notre littérature technique. Parfaitement clair, il est rempli d'un nombre considérable d'exemples numériques qui précisent dans chaque cas la technique employée et permettent d'apprécier la précision des résultats obtenus. Il rendra certainement de grands services dans les laboratoires de physique et les bureaux d'actuaires et d'ingénieurs. P. L. C.

Economic control of quality of manufactured product, par W. A. Shewhart, New-York, D. van Nostrand cy, 1931, 1 vol. in-8° de 491 pages avec 147 figures.

Dans la fabrication en grande série il est impossible d'arriver à produire des objets tous exactement semblables à un modèle type : de nombreuses causes inévitables de variation de fabrication d'un objet à l'autre font que les caractéristiques des produits

obtenus se répartissent autour de valeurs moyennes, suivant des lois statistiques telles que la loi de Gauss. L'auteur étudie les moyens qui permettent de s'assurer économiquement, par des essais sur prélèvements, que la qualité des objets fabriqués reste aussi constante que possible. On évitera ainsi un nombre trop important de pièces défectueuses, et l'on pourra tirer de la production en série tous les avantages qu'elle comporte. A cet effet, après avoir défini la qualité, l'auteur expose certains résultats des méthodes statistiques et du calcul des probabilités ; il en déduit plusieurs critères permettant de déceler les causes de variation dans la production qui ne doivent pas être abandonnées au hasard, mais bien recherchées et éliminées.

R. G.

Ondas cortas y ultra-cortas, par Rufino Gea Sacasa, ingeniero de Telecommunicacion, Madrid, Editorial Reus, 1 brochure de 62 pages avec 28 gravures. Prix : 3 pesetas.

Cet ouvrage constitue un résumé de toutes les questions relatives aux ondes courtes et ultra-courtes ; l'auteur expose d'abord les phénomènes de propagation particuliers aux ondes courtes, puis les propriétés du quartz piézo-électrique. Il décrit ensuite la station émettrice de la S.A.R.A. à Vallecas (Madrid) qui travaille sur des longueurs d'onde inférieures à 100 mètres, les divers types d'antennes dirigées et les récepteurs pour ondes courtes. L'ouvrage se termine par quelques aperçus sur la liaison Calais—Douvres par ondes de 18 centimètres et sur la liaison France—Corse par ondes de 8 mètres.

H. S.

Télévision et transmission des images, par René Mesny, professeur à l'Ecole supérieure d'électricité, Paris, collection Armand Colin, 1 volume in-16 de 216 pages avec 97 figures.

Dans ce livre, d'une haute tenue technique bien que d'une lecture facile et attrayante, l'auteur a très clairement exposé les problèmes essentiels de la transmission des images (phototélégraphie, télévision) et leurs solutions diverses. Loin de rester dans les

généralités, cet ouvrage contient une documentation numérique abondante et de nombreux schémas qui renseignent rapidement et complètement sur les divers systèmes récemment mis au point. Les lois physiques inéluctables, qui constituent le cadre dans lequel doivent demeurer les réalisations, si ingénieuses soient-elles, sont rappelées ; les faits déjà acquis sont mis en lumière ; des prévisions pour l'avenir de cette nouvelle branche de la technique des télécommunications sont faites d'une manière à la fois judicieuse et prudente.

Après avoir rappelé au chapitre Ier le principe de la phototélégraphie et de la télévision, l'auteur étudie les conditions imposées par l'exploration de l'image au poste émetteur et par sa transmission entre le poste émetteur et le poste récepteur (chapitre II). Le chapitre III est consacré aux cellules photoélectriques et le chapitre IV aux sources de lumière modulée (lampes à décharge électrique dans les gaz, cellule de Kerr, oscillographe cathodique à écran luminescent).

Dans le chapitre V sont décrits les divers types d'appareils utilisés pour la phototélégraphie et dans le chapitre VI les divers types d'appareils utilisés pour la télévision.

Le chapitre VII est consacré à la synchronisation des postes récepteur et émetteur, et le chapitre VIII à l'amplification à l'émission et à la réception.

Le chapitre IX étudie les difficultés que présentent, dans le cas de la phototélégraphie ou de la télévision, l'émission, la propagation et la réception des ondes radioélectriques.

Enfin le chapitre X, intitulé « Exploitation », indique les résultats obtenus dans les services commerciaux de phototélégraphie et énumère les essais d'émissions de télévision faits récemment par diverses stations de radiodiffusion.

G. V.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE

publiée par les soins de la direction du Service central du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

(Bureau d'études, de documentation et de statistique).

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'administration..... 20 francs
Personnes étrangères à l'administration ..... 50 francs
(Pour la prise en charge du montant des abonnements, voir *Bulletin officiel* n° 15 de 1932, p. 517).

Sommaire du n° 11 de 1933 (2e année).

L'œuvre de l'administration des P.T.T. en matière de bâtiments, par M. DOUARCHE, directeur chargé du Service des bâtiments.
La construction des lignes téléphoniques et télégraphiques souterraines, par M. MAILLEY, ingénieur en chef des P.T.T.

ADMINISTRATIONS PUBLIQUES FRANÇAISES.

Décret concernant l'arrondissement des dépenses publiques au franc inférieur.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

Comment améliorer les méthodes de travail à l'administration centrale des P.T.T.

1° BUDGET ET COMPTABILITÉ.

Recettes budgétaires d'octobre 1933.

2° POSTE.

Améliorations réalisées dans le service postal au cours du 3e trimestre de 1933.
Renseignements statistiques sur le fonctionnement du service postal pendant le 3e trimestre de 1933.
Renseignements statistiques relatifs aux paquets de 1500 g. à 2 kg.

3° TÉLÉGRAPHE.

Projet de réorganisation du régime des lignes télégraphiques et téléphoniques étrangères au réseau général de l'Etat.
Projet de fixation des taxes radiotélégraphiques dans les relations entre : 1° la France et l'Ethiopie ; 2° la Côte française des Somalis et l'Ethiopie.

4° TÉLÉPHONE.

Projet de décret portant ouverture des relations téléphoniques avec l'Union des Républiques soviétiques socialistes et fixation des taxes.
Renseignements sur le fonctionnement du service téléphonique dans les stations balnéaires pendant l'été 1933.
Mise en service de nombreux câbles.

5° Caisse d'épargne.

Projet de création de Caisses d'épargne coloniales à forme postale autorisées à placer une partie des fonds déposés en valeurs locales.

OFFICES ÉTRANGERS

1° Poste.

Allemagne. — Le mouvement sportif parmi le personnel postal.
Allemagne. — Livraison « en ville », par la poste, des paquets envoyés par les grands magasins à leurs clients.
Allemagne. — Le calendrier à effeuiller de la Reichspost.
Allemagne. — La participation de la Reichspost aux expositions.
Autriche. — Les premières fusées postales.
Etats-Unis. — L'homonymie dans les noms de ville et le service postal.
Grande-Bretagne. — Un nouveau courrier postal pour l'Australie en moins de sept jours.
Mexique. — Les communications chez les anciens mexicains.
Turquie. — Emission de timbres pour commémorer le 10e anniversaire de la proclamation de la République.

2° Télécommunications.

L'exploitation du téléphone dans le monde.
Allemagne. — Télégrammes de publicité.
Allemagne. — Création d'un service d'intercommunications au téléimprimeur entre abonnés.
Allemagne. — La Reichspost et la télévision
Grande-Bretagne. — Le téléimprimeur portatif.
Suisse. — Relations téléphoniques avec les trains de la ligne Berlin—Hambourg.
Suisse. — La radioréception sur lignes téléphoniques.

JURISPRUDENCE.

Tribunal des conflits.
Compétence judiciaire. — Accident. — Délit de blessures par imprudence commis par un employé au service de la ville de Paris.

BIBLIOGRAPHIE.

Articles de revues.
Ouvrages récemment entrés à la Bibliothèque Centrale.
Sommaire des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, n° 11 de 1933.
Note relative à la souscription des abonnements aux *Annales des P.T.T.*

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

Postes.

L'électroposte de Paris-VIII, par L. JAMMES, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes 1
Le service belge des chèques postaux en 1932, par A. CABANNE, sous-chef de bureau au ministère des Postes et Télégraphes 101
Utilisation de tubes pneumatiques à sélections pour le payement des chèques à vue dans les bureaux centraux de chèques postaux, par E. LAPIERRE, sous-chef de bureau breveté, et RAYNIER, rédacteur principal des Postes et Télégraphes 207
De la nature des rapports entre l'administration des Postes et le public en matière de transport des correspondances, par Ch. THOLLON-GILS, directeur régional, professeur à l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes 289
Le contrôle postal dans le Finistère pendant la Révolution, par D. BERNARD, contrôleur des Postes et Télégraphes 473

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Le service postal du dimanche au Danemark 464

INFORMATIONS.

Nouveaux timbres-poste 181
La marche générale des services des Postes, Télégraphes et Téléphones français pendant l'année 1931 361

BIBLIOGRAPHIE.

Le régime des P.T.T. en Alsace et Lorraine avant et depuis le traité de Versailles, par L. SCHEER 286
La Nasa Posta 288

Télégraphes.

Appareils de transmission automatique Carpentier-Vannucci, par P. MERCY, inspecteur des Postes et Télégraphes 132
Sur la définition et la mesure de la résistance d'une prise de terre, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des Postes et Télégraphes, avec la collaboration de P. MAUTET, capitaine aviateur 313
Congrès international d'électricité de 1932. Travaux de la huitième section (télécommunication par fil), par V. GAVRONSKY et J. ROUSSINOV 433
La localisation des ruptures de câbles sous-marins par des mesures au faux zéro, par M. BAYARD, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes. 497
L'aiguillage automatique en boulisterie pneumatique, par G. PAULIN, ingénieur des Postes et Télégraphes 603
Hommage à Baudot, par H. H. HARRISON 941

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Remarques sur la vitesse de transmission des signaux dans les divers modes de télécommunication 279
Les découvertes électriques de Joseph Henry 633

INFORMATIONS.

La marche générale des services des Postes, Télégraphes et Téléphones français pendant l'année 1931 361
Phototélégrammes 729

BIBLIOGRAPHIE.

Cours de télégraphie multiplex par courants porteurs dite télégraphie harmonique, par M. FAYOLLE 187
Le régime des P.T.T. en Alsace et Lorraine avant et depuis le traité de Versailles, par L. SCHEER 286

Téléphones.

Quelques considérations sur l'évolution et l'état actuel de la technique microphonique, par P. CHAVASSE, ingénieur des Postes et Télégraphes. 9
Le service téléphonique international au poste central interurbain de Paris, par M. GAUDET, inspecteur des Postes et Télégraphes, en collaboration avec MM. VILLATTE, chef du poste central interurbain et MALISSARD, contrôleur 140
Retransmetteur d'appels amovible, par L. PILLAS, sous-ingénieur des Postes et Télégraphes 147
Mise en service des nouveaux centraux téléphoniques automatiques de Paris, par J. ROUVIÈRE, ingénieur des Postes et Télégraphes 224
Installation d'intercommunication manuelle par boutons du type de l'administration française, par G. LETELLIER, ingénieur des Postes et Télégraphes 257
Adaptation aux réseaux automatiques des tableaux d'abonnés à batterie locale 275
Sur la définition et la mesure de la résistance d'une prise de terre, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des Postes et Télégraphes, avec la collaboration de P. MAUTET, capitaine aviateur..... 313
Le nouveau câble téléphonique Key-West-La Havane exploité au moyen de courants porteurs, par H. A. AFFEL, W. S. GORTON et R. W. CHESNUT 341
Nouvelle liaison téléphonique par câble sous-marin entre l'Italie continentale et la Sardaigne, par G. PESSION..... 407
Congrès international d'électricité de 1932. Travaux de la huitième section (télécommunication par fil), par V. GAVRONSKY et J. ROUSSINOV. 433
Etude sur le réaménagement d'un réseau téléphonique aéro-souterrain dans une zone à moyenne densité d'abonnés, par DAUVIN, ingénieur en chef, et DURANT, inspecteur des Postes et Télégraphes..... 592
Circuits téléphoniques à grande distance en câble, par A. B. CLARK et H. S. OSBORNE 621
Sur le calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison téléphonique complexe, par R. BIGORGNE, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 700
Application des condensateurs électrolytiques aux circuits d'alimentation des grands centraux téléphoniques ; avantages qui en résultent pour les canalisations, par H. FONTAINE, ingénieur des Postes et Télégraphes.. 777
L'alimentation directe des multiples. Note sur les génératrices téléphoniques, par H. FONTAINE, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 874
Sur la définition de deux prises de terre distinctes, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des Postes et Télégraphes..... 919
Un nouveau système téléphonique aux Pays-Bas, par A. H. de VOOGT.. 923
Les nouveaux types de charge Pupin pour circuits téléphoniques, par H. JANNÈS, ingénieur des Postes et Télégraphes 939
Le téléphone automatique en Tunisie. Le service permanent pour abonnés ruraux associés, par E. CROUZET, chef des services électriques de l'Office postal tunisien 991
Utilisation en Indochine de conducteurs téléphoniques en fils d'aluminium câblés, par M. REUFFLET, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.. 1002
Localisation et relève d'un important défaut de diaphonie de réel à réel sur le câble anglo-belge de 1926..... 1007

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Elimination des troubles apportés à l'exploitation des lignes téléphoniques par les redresseurs à vapeur de mercure 551
Relation entre l'équivalent et l'affaiblissement, à 800 périodes par seconde, d'une ligne téléphonique homogène, par R. BIGORGNE, P. MARZIN et J. MEYER, ingénieurs des Postes et Télégraphes 1014
Calcul de l'équivalent de référence d'une liaison téléphonique, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des Postes et Télégraphes..... 1093
Installation permettant d'utiliser une même ligne téléphonique de réseau à partir de plusieurs postes, le secret étant assuré, par G. LETELLIER, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 1116

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Remarques sur la vitesse de transmission des signaux dans les divers modes de télécommunication 279
Essais effectués sur des isolateurs pour lignes de télécommunications à courants porteurs 358
Les découvertes électriques de Joseph Henry..... 633

INFORMATIONS.

La marche générale des services des Postes, Télégraphes et Téléphones français pendant l'année 1931..... 361
L'appel par impulsions induites sur les lignes téléphoniques équipées de translateurs 363
Relations téléphoniques entre la France et l'étranger..... 731
Câbles téléphoniques isolés à la pulpe..... 835

BIBLIOGRAPHIE.

Notes sommaires sur la théorie de la transmission téléphonique, par W. T. PALMER..... 99
Le régime des P.T.T. en Alsace et Lorraine avant et depuis le traité de Versailles, par L. SCHEER 286
Telephone theory and practice, par KEMPSTER B. MILLER..... 935
La théorie de la transmission téléphonique, par G. VALENSI..... 1037

Construction des lignes.

Dispositifs statistiques de ventilation pour chambres téléphoniques souterraines, par J. MAILLEY, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes 302
Le nouveau câble téléphonique Key-West—La Havane exploité au moyen de courants porteurs, par H. A. AFFEL, W. S. GORTON et R. W. CHESNUT..... 341
Ventilateurs à moteur et à main utilisés dans les travaux de construction et d'entretien des lignes souterraines, par J. MAILLEY, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes..... 397
Nouvelle liaison téléphonique par câble sous-marin entre l'Italie continentale et la Sardaigne, par G. PESSION..... 407
La localisation des ruptures de câbles sous-marins par des mesures au faux zéro, par M. BAYARD, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes..... 497
Circuits téléphoniques à grande distance en câble, par A. B. CLARK et H. S. OSBORNE 621
La surveillance des courants vagabonds dérivés des lignes de traction dans le réseau de Paris, par R. DEMOGUE, ingénieur des Postes et Télégraphes 909
Les nouveaux types de charge Pupin pour circuits téléphoniques, par H. JANNÈS, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 969
Utilisation en Indochine de conducteurs téléphoniques en fils d'alumi-

nium câblés, par M. Reufflet, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes 1002
Localisation et relève d'un important défaut de diaphonie de réel à réel sur le câble anglo-belge de 1926 1007

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Essais effectués sur des isolateurs pour lignes de télécommunications à courants porteurs 358

INFORMATIONS.

Câbles téléphoniques isolés à la pulpe 835

BIBLIOGRAPHIE.

Die Hochspannungsfreileitung, par K. Stöckinger 369

Radioélectricité.

Les émetteurs à ondes entretenues modulées des stations côtières françaises, par M. Bruniaux, ingénieur des Postes et Télégraphes 59
La liaison radiotéléphonique entre la Corse et le continent par ondes très courtes, par Bramel de Cléjoulx, ingénieur des Postes et Télégraphes 79
Mesure de la phase et de l'amplitude des haut-parleurs électrodynamiques, par W. Binder 86
Les oscillateurs à fréquence très élevée et les radiocommunications par ondes très courtes, par C. Gutton, directeur du Laboratoire national de radioélectricité 164
Compte-rendu des travaux et recherches du Laboratoire national de radio-électricité au cours de l'année 1932, par C. Gutton, directeur.. 189
Etudes sur la transmission des signaux horaires, Rapports présentés à l'Assemblée générale de l'Union internationale d'astronomie, par R. Jouaust, sous-directeur du Laboratoire central d'électricité, conseiller technique du Laboratoire national de radio-électricité 373
Congrès international d'électricité de 1932. Travaux de la neuvième section (phénomènes de haute fréquence), par C. Gutton et P. David 539
Les mesures radio-électriques au Laboratoire national de radio-électricité 559, 645, 741, 944
Adaptation de l'appareil Baudot aux communications radiotélégraphiques sur ondes longues et sur ondes courtes, par C. Verdan, sous-ingénieur des Postes et Télégraphes 675
Etude du fonctionnement d'un auto-oscillateur perturbé par une onde extérieure de fréquence peu différente de la sienne, par H. Subra, ingénieur des Postes et Télégraphes 797
Les radiophares à l'usage de la navigation aérienne, par le capitaine Mioche, ingénieur E.S.E 841
La liaison radiotéléphonique France-Algérie, par Rigal, ingénieur des Postes et Télégraphes 1041
Le champ électromagnétique à distance, ondes courtes 1082

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur le rayonnement du poste radio-émetteur de la tour Eiffel 358
Propagation d'oscillations électriques le long d'un tube contenant un gaz ionisé 631
Les découvertes électriques de Joseph Henry 633
Les lois d'action à distance en électricité 725
Sur la vitesse apparente des ondes radio-électriques courtes 726
Sur les mouvements d'un cristal de quartz dans un champ électrostatique 832

INFORMATIONS.

L'exposition de télévision de l'administration allemande des Postes et Télégraphes (9e grande exposition allemande de radio-électricité).... 92
Télévision d'un match de boxe..... 1030

BIBLIOGRAPHIE.

Les radio-communications modernes, par P. David..... 287
Théorie et pratique de la télévision, par E. Aisberg et R. Aschen..... 371
La télévision expérimentale, par J. van Dick..... 568
Données numériques de radio-électricité, par R. Mesny..... 643
Mesures radio-électriques élémentaires, par F. Dacos et M. Rousseau. 737
Ondas cortas y ultra-cortas, par Rufino Gea Sacasa..... 1133
Télévision et transmission des images, par R. Mesny..... 1133

Etudes théoriques.

Sur la définition et la mesure de la résistance d'une prise de terre, par R. Bigorgne et P. Marzin, ingénieurs des Postes et Télégraphes, avec la collaboration de P. Mautet, capitaine-aviateur..... 313
Etude sur le réaménagement d'un réseau téléphonique aéro-souterrain dans une zone à moyenne densité d'abonnés, par Dauvin, ingénieur en chef, et Durant, inspecteur des Postes et Télégraphes..... 592
Sur le calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison téléphonique complexe, par R. Bigorgne, ingénieur des Postes et Télégraphes 700
Etude du fonctionnement d'un auto-oscillateur perturbé par une onde extérieure de fréquence peu différente de la sienne, par H. Subra, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 797
Sur la définition de deux prises de terre distinctes, par R. Bigorgne et P. Marzin, ingénieurs des Postes et Télégraphes..... 919

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Relation entre l'équivalent et l'affaiblissement, à 800 périodes par seconde, d'une ligne téléphonique homogène, par R. Bigorgne, P. Marzin et J. Meyer, ingénieurs des Postes et Télégraphes..... 1014
Calcul de l'équivalent de référence d'une liaison téléphonique, par R. Bigorgne et P. Marzin, ingénieurs des Postes et Télégraphes.... 1093

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Remarques sur la vitesse de transmission des signaux dans les divers modes de télécommunication..... 279
Les lois d'action à distance en électricité..... 725
Sur la vitesse apparente des ondes radio-électriques courtes..... 726
Sur les mouvements d'un cristal de quartz dans un champ électrotsatique 832

BIBLIOGRAPHIE.

Exposé électronique des lois de l'électricité, par M. Boll..... 187
Absolute metingen der geluidsintensiteit ter bepaling van het minimum audibile, par H. C. Huizing 369
L'univers électromagnétique par une nouvelle loi de la gravitation, par M. Franck 643
La théorie de la transmission téléphonique, par G. Valensi..... 1037

Divers.

Récentes découvertes dans le domaine des transmutations atomiques, par L. Leprince-Ringuet, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 151
Etudes sur la transmission des signaux horaires. Rapports présentés à

l'assemblée générale de l'Union internationale d'astronomie, par R. JOUAUST, sous-directeur du Laboratoire central d'électricité, conseiller technique du Laboratoire national de radio-électricité..... 373
L'aiguillage automatique en boulisterie pneumatique, par G. PAULIN, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 603

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Propagation d'oscillations électriques le long d'un tube contenant un gaz ionisé 631
Les découvertes électriques de Joseph Henry..... 633
Les lois d'action à distance en électricité 725
Sur un voltmètre amplificateur..... 1027

INFORMATIONS.

Inauguration de la première ligne de transmission d'énergie à 220.000 volts..... 638
Concours d'entrée à la 1re section de l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (avril 1933) : sujets des épreuves écrites..... 729
Inauguration d'installations d'essais à trois millions de volts..... 734
Statistique des accidents de personnes survenus pendant l'année 1930 dans les distributions d'énergie électrique..... 930
La récente session de la conférence internationale des grands réseaux électriques..... 1029
Le projet d'usine marémotrice de la Severn..... 1123

BIBLIOGRAPHIE.

Manuel-agenda du Personnel des P.T.T. (1933)..... 99
L'idée générale de la mécanique ondulatoire et ses premières applications, par M. BOLL 100
Exposé électronique des lois de l'électricité, par M. BOLL..... 187
Les étoiles dans leurs courses, par Sir JAMES JEAN..... 188
Actualités scientifiques : série de 1932..... 370
Le calcul des différences finies et ses applications, par A. HENRY..... 471
Le chronométrage, par P. PLANUS 471
Machines et appareils électriques, par A. CURCHOD..... 642
L'univers électromagnétique par une nouvelle loi de la gravitation, par Max FRANCK 643
Barrages conjugués et installations de pompage, par G. LAPORTE..... 643
Les machines électriques et la prédétermination de leur puissance spécifique maximum, par J. REZELMAN..... 737
Les courants alternatifs : Méthodes générales pour le calcul des courants sinusoïdaux, par A. BLONDEL..... 839
Les transmutations artificielles, par L. LEPRINCE-RINGUET..... 840
Standard handbook for electrical engineers..... 937
Application des imaginaires au calcul vectoriel, par J.-B. POMEY.... 937
Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité et ses relations avec la résistance des matériaux, par E. DREYFUSS..... 1035
Economic control of quality of manufactured product, par W. A. SHEWHART 1132
Représentation des lois empiriques par des formules approchées, par M FRECHET et R. ROMANN 1132

BREVETS D'INVENTION. 94, 182, 281, 364, 467, 565, 639, 735, 837, 932, 1032, 1126

Pour permettre les références aux divers fascicules, voici l'indication de la première page de chacun d'eux : janvier, p. 1 ; février, p. 101 ; mars, p. 189 ; avril, p. 289 ; mai, p. 373 ; juin, p. 473 ; juillet, p. 569 ; août, p. 645 ; septembre, p. 741 ; octobre, p. 841 ; novembre, p. 941 ; décembre, p. 1041.

TABLE ALPHABÉTIQUE PAR NOMS D'AUTEURS.

AFFEL, GORTON et CHESNUT	Le nouveau câble téléphonique Key-West-La Havane exploité au moyen de courants porteurs.	341
BAYARD	La localisation des ruptures de câbles sous-marins par des mesures au faux zéro	497
BERNARD	Le contrôle postal dans le Finistère pendant la Révolution	473
BIGORGNE	Sur le calcul de l'affaiblissement effectif d'une liaison téléphonique complexe	700
BIGORGNE et MARZIN.	Sur la définition de deux prises de terre distinctes	919
	Calcul de l'équivalent de référence d'une liaison téléphonique	1093
BIGORGNE. MARZIN et MAUTET	Sur la définition et la mesure de la résistance d'une prise de terre	313
BIGORGNE, MARZIN et MEYER	Relation entre l'équivalent et l'affaiblissement, à 800 périodes par seconde, d'une ligne téléphonique homogène	1014
BINDER	Mesure de la phase et de l'amplitude des haut-parleurs électrodynamiques	86
BRAMEL DE CLÉJOULX,	La liaison radiotéléphonique entre la Corse et le continent par ondes très courtes	79
BRUNIAUX	Les émetteurs à ondes entretenues modulées des stations côtières françaises	59
CABANNE	Le service belge des chèques postaux en 1932	101
CHAVASSE	Quelques considérations sur l'évolution et l'état actuel de la technique microphonique	9
CHESNUT	Voy. AFFEL.	
CLARK ET OSBORNE.	Circuits téléphoniques à grande distance en câble.	621
CROUZET	Le téléphone automatique en Tunisie. Le service permanent pour abonnés ruraux associés.	991
DAUVIN ET DURANT.	Etude sur le réaménagement d'un réseau téléphonique aéro-souterrain dans une zone à moyenne densité d'abonnés	592
DAVID	Voy. GUTTON.	
DEMOGUE	La surveillance des courants vagabonds dérivés des lignes de traction dans le réseau de Paris	909
DURANT	Voy. DAUVIN.	
FONTAINE	Application des condensateurs électrolytiques aux circuits d'alimentation des grands centraux téléphoniques ; avantages qui en résultent pour les canalisations	777
	L'alimentation directe des multiples. Note sur les génératrices téléphoniques	874
GAUDET, VILLATTE ET MALISSARD	Le service téléphonique international au poste central interurbain de Paris	140
GAVRONSKI ET ROUSSINOV	Congrès international d'électricité de 1932. Travaux de la huitième section (télécommunication par fil)	433
GORTON	Voy. AFFEL.	
GUTTON	Les oscillateurs à fréquence très élevée et les radiocommunications par ondes très courtes	164
	Compte-rendu des travaux et recherches du	

	Laboratoire national de radio-électricité au cours de l'année 1932	189
GUTTON ET DAVID	Congrès international d'électricité de 1932. Travaux de la neuvième section (phénomènes de haute fréquence)	539
HARRISON	Hommage à Baudot	941
JANNÈS	Les nouveaux types de charge Pupin pour circuits téléphoniques	969
JAMMES	L'électroposte de Paris-VIII	1
JOUAUST	Etudes sur la transmission des signaux horaires. Rapports présentés à l'assemblée générale de l'Union internationale d'astronomie	373
LAPIERRE et RAYNIER	Utilisation de tubes pneumatiques à sélections pour le payement des chèques à vue dans les bureaux centraux de chèques postaux	207
LEPRINCE-RINGUET	Récentes découvertes dans le domaine des transmutations atomiques	151
LETELLIER	Installation d'intercommunication manuelle par boutons du type de l'administration française	257
	Installation permettant d'utiliser une même ligne téléphonique de réseau à partir de plusieurs postes, le secret étant assuré	1116
MAILLEY	Dispositifs statiques de ventilation pour chambres téléphoniques souterraines	302
	Ventilateurs à moteur et à main utilisés dans les travaux de construction et d'entretien des lignes souterraines	397
MALISSARD	Voy. GAUDET.	
MARZIN	Voy. BIGORGNE.	
MAUTET	Voy. BIGORGNE.	
MERCY	Appareils de transmission automatique Carpentier-Vannucci	132
MEYER	Voy. BIGORGNE.	
MIOCHE	Les radiophares à l'usage de la navigation aérienne	841
OSBORNE	Voy. CLARK.	
PAULIN	L'aiguillage automatique en boulisterie pneumatique	603
PESSION	Nouvelle liaison téléphonique par câble sous-marin entre l'Italie continentale et la Sardaigne	407
PILLAS	Retransmetteur d'appels amovible	147
RAYNIER	Voy. LAPIERRE.	
REUFFLET	Utilisation en Indochine de conducteurs téléphoniques en fils d'aluminium câblés	1002
RIGAL	La liaison radiotéléphonique France—Algérie	1041
ROUSSINOV	Voy. GAVRONSKI.	
ROUVIÈRE	Mise en service des nouveaux centraux téléphoniques automatiques de Paris	224
SUBRA	Etude du fonctionnement d'un auto-oscillateur perturbé par une onde extérieure de fréquence peu différente de la sienne	797
THOLLON-GILS	De la nature des rapports entre l'administration des Postes et le public en matière de transport des correspondances	289
VERDAN	Adaptation de l'appareil Baudot aux communications radiotélégraphiques sur ondes longues et sur ondes courtes	675
VILLATTE	Voy. GAUDET.	
DE VOOGT	Un nouveau système téléphonique aux Pays-Bas	923

Le gérant : HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX, IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 15-12-33

L'ÉCOLE CHEZ SOI

Directeur-Fondateur : Léon EYROLLES C. ✻

Créatrice en 1891 de l'Enseignement Technique par Correspondance est la seule Ecole qui :

1° Possède 450 volumes imprimés — résultat de quarante et une années d'expérience et d'efforts — collection unique au monde, de cours constamment tenus à jour ;

2° S'appuie sur une Ecole de plein exercice dont les diplômes d'Ingénieurs ont une consécration officielle ;

3° Dispose pour l'Enseignement et les examens d'obtention des Diplômes, des importants Laboratoires, Ateliers et Champ d'Expériences de son Ecole d'Application de Cachan.

PRÉPARATIONS ADMINISTRATIVES

Ponts et Chaussées
Mines
Génie rural
Service vicinal
Services municipaux
Ville de Paris
P.T.T. (tous emplois)
Chemins de Fer
Colonies
Armée
Marine
Aéronautique
Emplois réservés
Grandes Administrations publiques et privées

RÉSULTATS OBTENUS

5149 Ingénieurs de l'Etat, des Départements et des Villes (*au dernier concours des Ingénieurs adjoints des Travaux Publics de l'Etat, 96 °/₀ des candidats reçus*).
119 Ingénieurs et Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées.
65 Ingénieurs Principaux et Ingénieurs en Chef du Service Vicinal.
23 Ingénieurs en Chef de la Ville de Paris.
193 Rédacteurs Elèves de l'Ecole Supérieure des P.T.T.
7978 Autres situations administratives.

Des milliers de situations industrielles de tous ordres : Directeurs, Chefs de service, Ingénieurs et Techniciens.

PRÉPARATIONS INDUSTRIELLES

Travaux Publics-Mines
Bâtiment-Architecture
Béton armé
Topographie
Mécanique
Automobile
Aéronautique
Métallurgie
Electricité, T.S.F.
Chauffage
Froid industriel
Comptabilité
Administration industrielle et commerciale

Enseignement général (1er et 2e degré)
Certificats de licence
Certificats de licence Mathématiques

Brochures S (Notices, Catalogues, Liste nominative des résultats obtenus) et tous renseignements envoyés, à titre absolument gracieux, sur demande adressée à L'ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS **(ÉCOLE CHEZ SOI)**, 12, rue Du Sommerard, Paris-Ve.

S. E. C. A. P.

Société d'Etude et de Construction

d'Appareils de Précision

S. A. Cap. : 625.000 frs

217, Boulevard Voltaire, PARIS (11e)

Télégrammes : Setucap-Paris

(3, Impasse des Jardiniers)

Téléphone : Roquette 84-30

Agents de CREED & Co Ltd

Appareils Télégraphiques

MORSE — BAUDOT

MURRAY — CREED

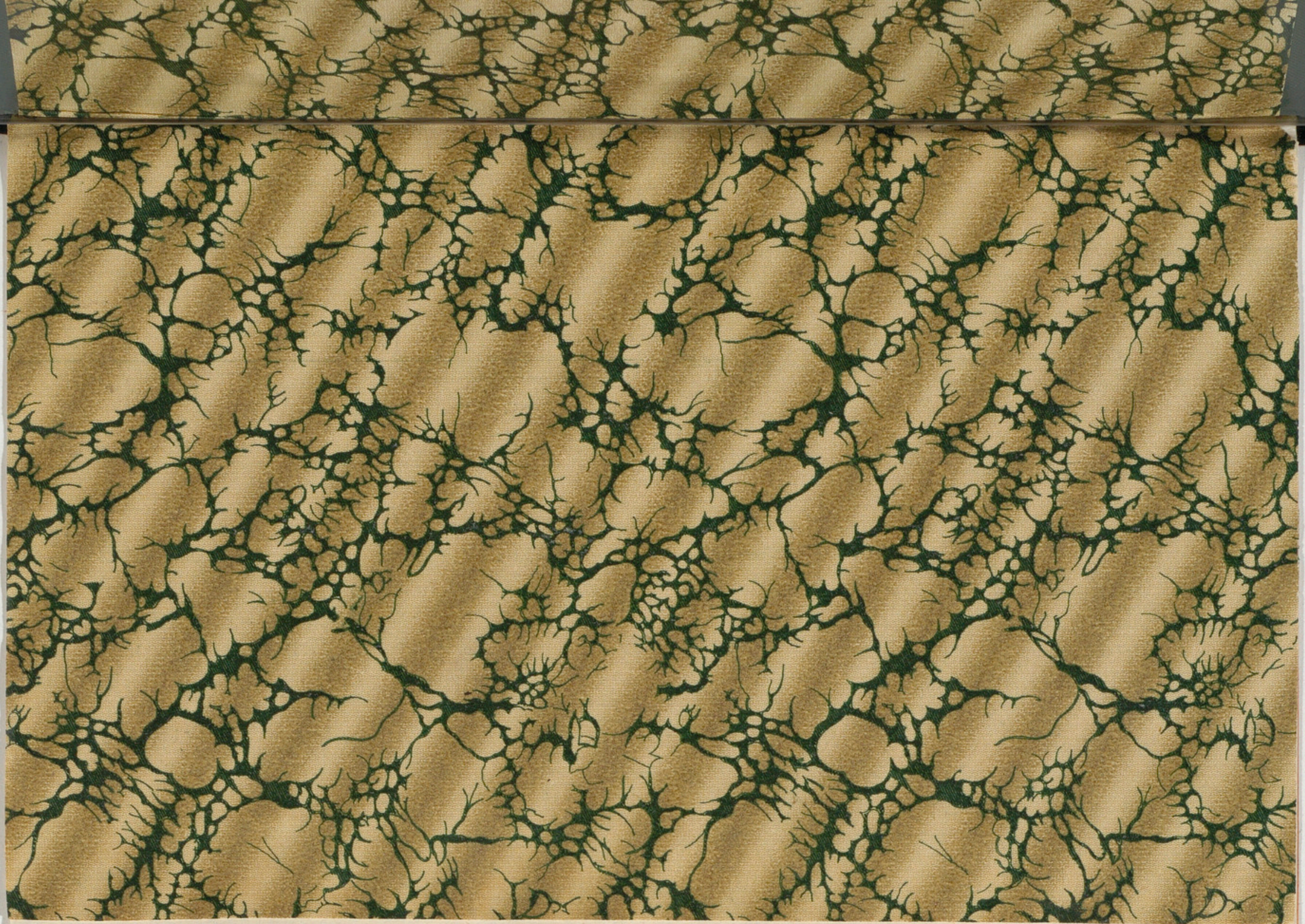
Télégraphie automatique rapide

Etude de tous appareils de Précision

Fournisseur des Gouvernements Français et Etrangers

R. C. Seine 250.202.B.

ÉVREUX — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ — MCMXXXIII



ANNA
DE
PY
1